PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Digitale schakelingen

Leerlingboek DS 1

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

*Tweede, herziene druk 1977
Vierde, herziene druk 1980
Vijfde druk 1981*

PHILIPS



CURSUS
BEDRIJFSELEKTRONICA

Digitale schakelingen

Leerlingboek DS 1

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

OVER DEZE SCANS
Als basis voor deze scans hebben wij gebruik gemaakt van de door 'Freeservicemanuals' in 2018 gemaakte scans. Wij hebben de pagina's van deze scans echter zorgvuldig naar de originele staat gerestaureerd, onder andere door alle persoonlijke notities en de antwoorden op alle oefeningen en vragen te verwijderen.

Tweede, herziene druk 1977
Vierde, herziene druk 1980
Vijfde druk 1981

INHOUDSOPGAVE

DS 1

D 1

INLEIDING TOT DE TRAJECTEN C EN D VAN

BEDRIJFSELEKTRONICA

We beginnen aan een van de twee laatste trajecten C en D
"Bedrijfselektronica".
De gehele cursus bestaat uit vier trajecten:
A. Basis elektronica.
B. Componenten.
C. Analoge schakelingen.
D. Digitale schakelingen.

In het A-traject zijn de onderwerpen uit de wiskunde, de
elektriciteitsleer behandeld, die nodig zijn bij de elekt
Bovendien is er een begin gemaakt met het meten in de ele

Behandelde onderwerpen in het A-traject zijn:

- Iets van rekenen, algebra, meetkunde en goniometrie.
- Iets van natuurkunde (mechanica).
- De grondbeginselen van de gelijkstroomtheorie.
- De grondbeginselen van de wisselstroomtheorie.
- Het meten met een universeelmeter en met een oscillos
- Enkele bijzondere onderwerpen zoals resonantie, filte
  signalen.

Het B-traject bevat passieve en actieve componenten die v
tronische schakelingen worden toegepast.
Onder "actieve" componenten verstaat men die componenten
stroomvermogen versterkt kan worden; met "passieve" compc
het geval.

Onderwerpen in het B-traject zijn:

- Weerstanden, condensators, spoelen en transformators.
- Verbindingen, in het bijzonder de coax-kabel.
- Halfgeleiderdioden, transistors, FET's en MOST's.
- Diac, thyristor en triac.
- Gasgevulde diode, vacuüm diode, triode en pentode.

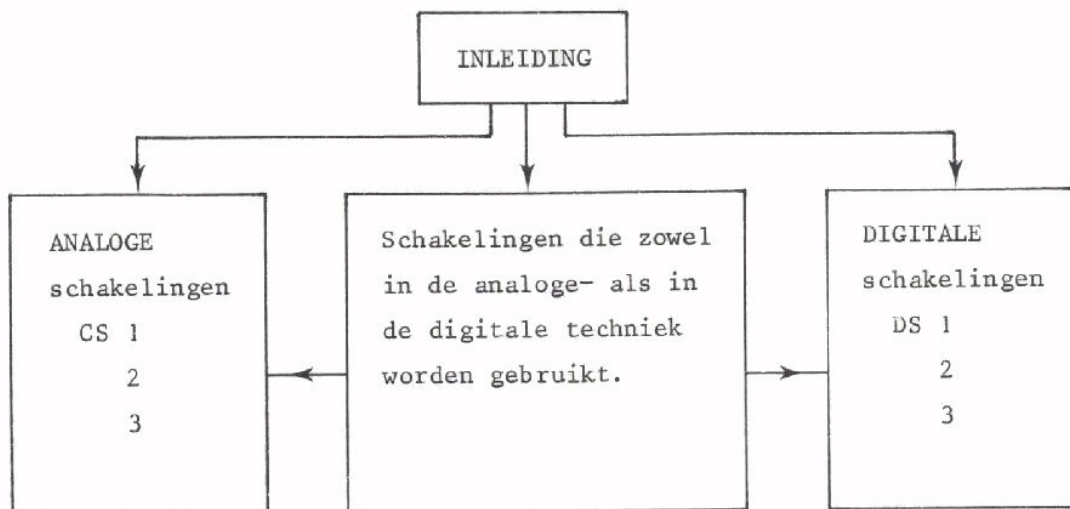
VRAAG

Welke van de genoemde componenten zijn actieve componenten?

OPBOUW VAN DE TRAJECTEN C EN D

In de trajecten C en D bereiken we het doel van de hele cursus, namelijk: "Met begrip werken aan elektronische schakelingen".
De leerstof uit het A- en B-traject kan hiertoe als voorbereiding worden gezien.

Onderstaand blokschema geeft een grove indeling van de C- en D-delen.



Van de drie blokken na de inleiding vormen de "analoge schakelingen" en de "digitale schakelingen" de twee hoofdtrajecten. Elk van deze hoofdtrajecten kan afzonderlijk behandeld worden.

Hiertoe zijn de lessen over de begrippen "analocg" en digitaal" en de dubbelstraaloscilloscoop in de trajecten C en D opgenomen.

Er zijn twee redenen voor deze splitsing:

- De voornaamste reden is dat beide technieken zich in de afgelopen jaren als afzonderlijke, zelfstandige vakgebieden hebben ontwikkeld.
- Hierop aansluitend is het nu mogelijk om cursisten óf alleen in de analoge techniek, óf alleen in de digitale techniek op te leiden.

Dit maakt het raadzaam de cursisten de mogelijkheid te bieden zich óf uitsluitend in de analoge techniek, óf uitsluitend in de digitale techniek te bekwamen.
Overigens kunnen cursisten die van één van deze technieken al veel weten, in de andere techniek apart worden bijgeschoold.

Wat de begrippen "analoog" en "digitaal" betekenen, trachten wij in deze inleidende les duidelijk te maken.

HET BEGRIP "INFORMATIE" IN DE TECHNIEK

Het woord "informatie" kennen we al uit ons dagelijks leven.

- Op een informatie-bureau van de ANWB kunnen we alle mogelijke inlichtingen verkrijgen over toerisme.
- De krant geeft informatie (inlichtingen) over gebeurtenissen in onze stad, in onze streek, in ons land en in de wereld.
- Deze lessen geven informatie over de elektronica.
- Een natuurkundeboek geeft informatie over de natuurkunde.
- Een bouwtekening geeft informatie over de manier waarop iets in elkaar moet worden gezet.
- Via het telefoonnummer 003 kunt u informatie over het weer verkrijgen,

In al deze gevallen verstaan wij onder het begrip "informatie": inlichtingen, bericht, boodschap, gegevens, kortom alles waardoor wij iets te weten komen.

Ook in de techniek wordt het woord "informatie" veel gebruikt.

Voorbeelden zijn:

- Een klok geeft informatie over de tijd.
- Een thermometer geeft informatie over de temperatuur.
- Een weegschaal geeft informatie over het gewicht.
- Een ampèremeter geeft informatie over de grootte van een stroom.
- De stand van een schakelaar geeft eventueel met het tekstplaatje informatie of een circuit in- of uitgeschakeld is.
- Een signaleringslampje geeft de informatie of een apparaat "uit" of "aan" staat.
- De vergrendeling van een badkamer geeft de informatie of de badkamer "bezet" of "vrij" is.

Uit deze voorbeelden blijkt dat men in de techniek onder informatie verstaat:

- De *waarde* van een natuurkundige grootheid.
  (tijd, temperatuur, gewicht, stroom, enz.)
- De *toestand* van een component.
  (schakelaar "open" of "gesloten", apparaat "aan" of "uit", badkamer "bezet" of "vrij").

ANALOGE- EN DIGITALE INFORMATIE

Informatie komt in de techniek in twee verschillende vormen voor. We maken onderscheid tussen *analoge* informatie en *digitale* informatie. Wat het verschil daartussen is maken we duidelijk aan de hand van een aantal voorbeelden.

Voorbeelden van *analoge* informatie zijn:

- De temperatuur die een kwikthermometer aangeeft.
- De stroom die een draaispoelmeter aanwijst.
- De snelheid die de snelheidsmeter van een auto weergeeft.

In al deze gevallen volgt het meetinstrument *elke*, ook de kleinste verandering van de gemeten grootheid.
Deze instrumenten geven een informatie die *elke* waarde kan aannemen tussen een minimum en een maximum waarde.

Bijv. *elke* temperatuur tussen -5 ^{0}C en 100 ^{0}C
elke stroom tussen 0 mA en 100 mA
elke snelheid tussen 20 km/uur en 150 km/uur.

Hoe nauwkeurig deze waarde af te lezen is, hangt af van de afleesnauwkeurigheid van het instrument en wordt o.a. bepaald door de afmetingen en de onderverdeling van de schaal.

Het kenmerk van *analoge* informatie is, dat deze tussen een minimum en een maximum waarde in, *elke* waarde kan aannemen. Men noemt dergelijke waarden ook wel "continu variabel".

Voorbeelden van *digitale* informatie zijn:

- De tijd weergegeven door een klok met cijferindicatie, waarvan het laatste cijfer elke minuut verspringt.
- Het in- of uitschakelsignaal dat een kamerthermostaat geeft aan de verwarmingsketel als de temperatuur in de kamer beneden een bepaalde waarde is gedaald of boven een bepaalde waarde is gestegen.
- De stroom weergegeven door het aantrekken of afvallen van een relais (wel of geen stroom).

In al deze gevallen volgt het instrument *sprongsgewijze* bepaalde veranderingen van de gemeten grootheid. Deze instrumenten geven een informatie die slechts een *beperkt aantal* waarden kan aannemen en geen enkele waarde daartussen in.

Bijv. De tijd van een cijferklok: 11 uur 36, 11 uur 37, 11 uur 38 maar *niet* 11 uur 36 en 24 seconden.

De afstand, aangegeven door een kilometerteller: 1037 km, 1038 km, 1039 km maar *niet* 1037,1 km.

De temperatuur, gesignaleerd door een thermostaat: "beneden 22 °C" óf "boven 22 °C" maar *niet* 21 °C of 23 °C.

Het kenmerk van *digitale* informatie is dus, dat deze slechts een *beperkt aantal* vaststaande waarden kan aannemen, waarbij géén tussenwaarden mogelijk zijn. Men noemt dergelijke waarden, die slechts sprongsgewijs in een andere waarde kunnen overgaan "discrete waarden".
Voorbeeld: getallen "1037 - 1038"; schakelaar "gesloten - open", enz.

Ter vergelijking enkele voorbeelden waarin het verschijnsel tussen *analoge* en *digitale* informatie tot uiting komt.

- De kwikthermometer in een huiskamer geeft informatie over *elke* waarde van de kamertemperatuur.
  De kamerthermostaat geeft alleen de informatie of de kamertemperatuur hoger of lager is dan bijv. 22 °C.
- Een stroommeter (in serie met de spoel van een relais) geeft informatie over *elke* waarde van de stroom door het relais.
  Het aantrekken van het relais geeft alleen de informatie dat de stroom door het relais hoger is dan een bepaalde waarde.
- De snelheidsmeter van een auto geeft informatie over *elke* waarde van de snelheid.
  De kilometerteller geeft alleen sprongsgewijze informatie over het aantal afgelegde hele kilometers, maar geen tussenwaarde.
- De tijd weergegeven door een klok met wijzers geeft informatie over *elke* waarde van de tijd (ook delen van een minuut).
  Een klok met cijferindicatie (zonder wijzers) geeft alleen sprongsgewijze informatie over elke verstreken hele minuut, maar geen tussenwaarden.

Probeer zelf twee andere voorbeelden van *analoge* en *digitale* informatie te bedenken.

ANALOOG	DIGITAAL
o	o
o	o

OEFENINGEN

Hieronder worden een aantal voorbeelden van informatie gegeven.
Ga voor elk geval na, of er sprake is van analoge- of van digitale informatie.

1. De positie van de kralen van een telraam geven [ ] informatie.

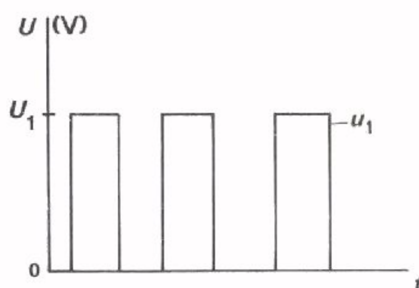
2. De diameter van een as wordt met een schuifmaat gemeten. De afstand tussen de bekken van de schuifmaat geeft [ ] informatie.

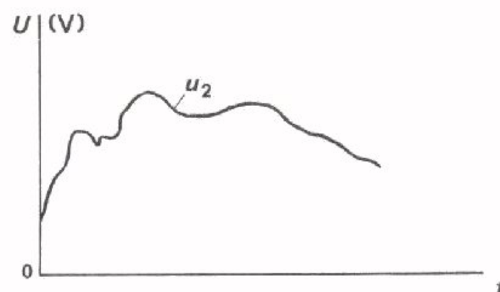
3. Voor het meten van een onbekende weerstand wordt een brug van Wheatstone gebruikt. De brug is samengesteld uit twee bekende vaste weerstanden, de onbekende weerstand en een weerstandsbank (ook wel decadebank genoemd). De gemeten weerstand wordt door de standen van de knoppen op de decadebank als [ ] informatie weergegeven.

4. De verkeerslichten rood, geel en groen bij een kruispunt geven [ ] informatie.

5. Een barometer geeft over de luchtdruk [ ] informatie.

6.

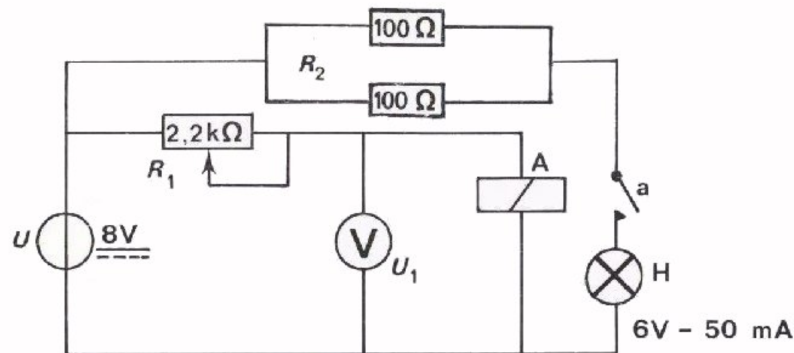




Uitsluitend de spanningsniveaus 0 en U_1 vormen [ ] informatie.

Elke waarde van de spanning u_2 vormt [ ] informatie.

OPDRACHT: HET VERSCHIL TUSSEN ANALOGE EN DIGITALE INFORMATIE



- Bouw deze schakeling.
- Zet de potentiometer op maximale weerstand.
- Stel de gelijkspanningsbron in op 8 V.
- Regel de potentiometer langzaam van maximale naar minimale weerstand. Let op de meter en het lampje.
- Bij draaiing van de potentiometer verloopt de spanning over de spoel

  [geleidelijk/sprongsgewijs] van [V] naar [V].

- De spanning over het lampje verloopt bij aantrekking van het relais

  [geleidelijk/sprongsgewijs].

- De voltmeter geeft [analoge/digitale] informatie over de spanning op de relaisspoel.
- Het lampje geeft [analoge/digitale] informatie over de spanning op de relaisspoel.
- De voltmeter kan [*elke*/een *beperkt aantal*] waarde(n) van de spanning over de relaisspoel weergeven.
- Het lampje kan [*elke*/een *beperkt aantal*] waarde(n) van de spanning over de relaisspoel weergeven.

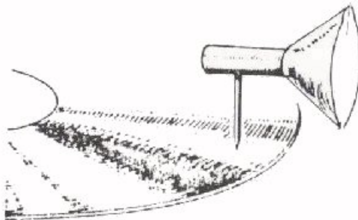
INFORMATIE-VERWERKING

Het beschikken over informatie krijgt pas zin, als we iets gaan doen met die informatie.
De informatie moet "verwerkt worden".

We bekijken een paar simpele voorbeelden van *informatie-verwerking*.

a. De geluidsinformatie die zich op een grammofoonplaat bevindt moet "verwerkt" worden tot geluid. ("verwerken" betekent hier: hoorbaar maken).
b. Aan de kassa van een winkel moeten de prijzen van gekochte artikelen "verwerkt worden" tot een eindbedrag. ("verwerken" betekent hier: noteren en optellen).

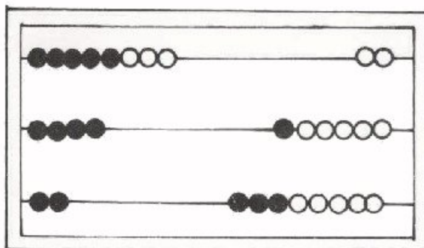
Deze informatie-verwerkingen kunnen met *mechanische hulpmiddelen* gerealiseerd worden:



a. Bevestigt men een naald aan de conus van een luidspreker en laat men de naald in de groef van een draaiende grammofoonplaat lopen, dan wordt de geluidsinformatie hoorbaar.

Edison maakte van dit principe gebruik bij zijn Phonograph.



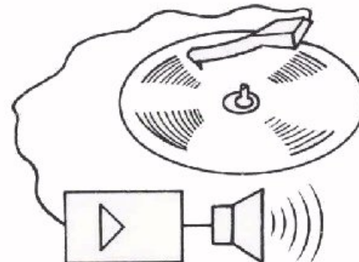


b. De prijzen zijn f 2,--, f 6,-- en f 8,--. Voor elke gulden schuiven we één kraal van het telraam naar rechts.
Voor elke prijs gebruiken we een "nieuwe regel". Het aantal kralen aan de de rechterkant, zestien, komt overeen met het eindbedrag van f 16,--.

INFORMATIE-VERWERKING

Deze informatie-verwerkingen van de vorige pagina kan men ook met *elektronische hulpmiddelen* uitvoeren:

a. De grammofoonplaat wordt afgetast met een "pick-up element", dat de geluidsinformatie van de plaat omzet in een elektrische informatie.
   De elektrische informatie wordt versterkt en toegevoerd aan een luidspreker, die de informatie omzet in geluid.
   (Analoge, continu-variabele, informatie).



b. Voor het registreren en optellen van prijzen gebruikt men een elektronisch kasregister.
   Door middel van druktoetsen (schakelaars) voert men de prijzen als spanningen aan het apparaat toe.
   Het register telt ze elektronisch op.
   Het eindbedrag wordt zichtbaar gemaakt door middel van oplichtende cijfers (cijferindicatorbuizen) (digitale informatie).

Uit deze voorbeelden is te zien dat elektronische informatieverwerking meer mogelijkheden biedt dan mechanische.
In veel gevallen is het zelfs de enige mogelijke manier.

OMZETTINGEN BIJ ELEKTRONISCHE INFORMATIE-VERWERKING

Om niet-elektronische informatie zoals licht, geluid, temperatuur, etc., elektronisch te kunnen verwerken, zijn één of meer *omzettingen* nodig.

In het voorbeeld van de grammofoonplaat zet het "pick-up element" de trillingen van de naald om in een elektrisch signaal.
Dit signaal wordt versterkt en daarna met behulp van een luidspreker omgezet in geluid.

In het voorbeeld van het elektronisch kasregister worden de prijzen met behulp van schakelaars omgezet in elektrische spanningen. Deze spanningen worden elektronisch onthouden en opgeteld waardoor een signaal ontstaat dat de informatie van het eindbedrag bevat.
Dit signaal wordt d.m.v. cijferindicatorbuizen omgezet in leesbare cijfers, dus in licht.

De informatie die aan een informatie-verwerkend systeem wordt toegevoerd noemt men *ingangsinformatie*.
De informatie die nā de verwerking wordt verkregen noemt men *uitgangsinformatie*.

Voordat een niet-elektronische ingangsinformatie elektronisch kan worden verwerkt, moet deze eerst worden omgezet in elektronische informatie.
Componenten die voor deze omzetting zorgen, zijn de zogenaamde *opnemers*. (Microfoon, LDR, NTC, etc.).
Meestal moet de elektronische uitgangsinformatie weer omgezet worden in een niet-elektronische.
Componenten die hiervoor zorgen noemt men *weergevers* (luidsprekers, lamp, draaispoelmeter, relais, etc.).

Verderop in het C- en D-traject bespreken we een aantal opnemers en weergevers.

OEFENINGEN

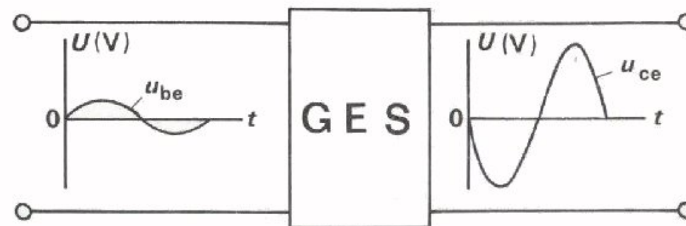
1. Een fotodiode is een [opnemer/weergever] die de [elektronische/niet-elektronische] informatie [ ] omzet in de [elektronische/niet-elektronische] informatie [ ].

2. Een signaallampje is een [opnemer/weergever] die de [elektronische/niet-elektronische] informatie [ ] omzet in de [elektronische/niet-elektronische] informatie [ ].

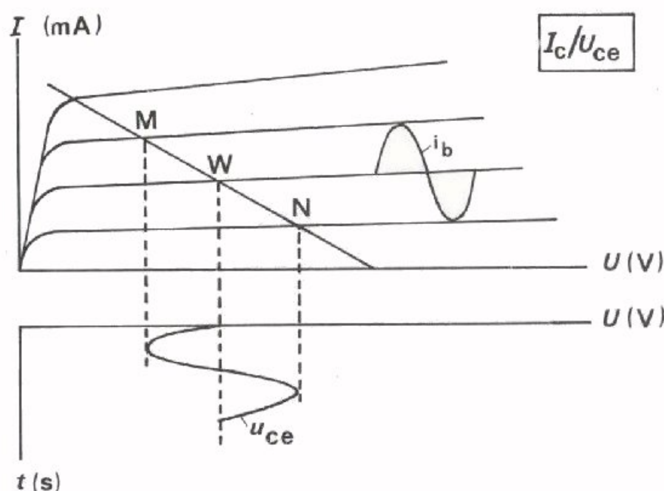
3. Een luidspreker is een [opnemer/weergever] die de [elektronische/niet-elektronische] informatie [ ] omzet in de [elektronische/niet-elektronische] informatie [ ].

4. Een microfoon is een [opnemer/weergever] die de [elektronische/niet-elektronische] informatie [ ] omzet in de [elektronische/niet-elektronische] informatie [ ].

In deze les houden we ons van nu af uitsluitend bezig met het *elektronisch* verwerken van informatie.

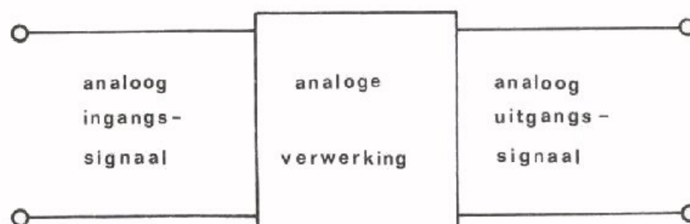


Een voorbeeld van "analoge verwerking" is een transistorversterkertrap voor wisselspanningen.
Het analoge ingangssignaal bestaat uit een (kleine) wisselspanning u_{be},
Het uitgangssignaal is een grotere wisselspanning u_{ce} die op de fase na, net zo verloopt als de ingangsspanning. Het is óók een analoog signaal.

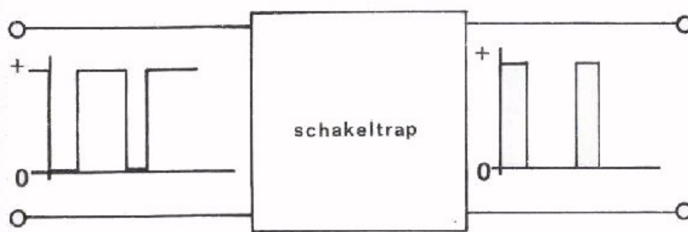


De ingangswisselspanning u_{be} veroorzaakt een basisstroom i_b. Tijdens het verwerken van de stroom i_b doorloopt de transistorinstelling *alle* punten tussen M en N op de belastinglijn.

Tussen M en N ligt het zogenaamde "werkgebied" voor deze verwerking.

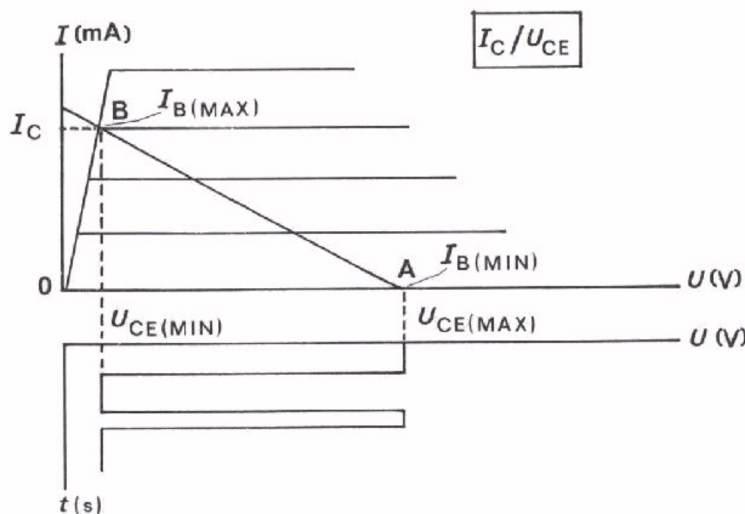


Bij *analoge informatie verwerking* wordt een analoge ingangsinformatie verwerkt tot een uitgangsinformatie, die eveneens analoog is. De verwerkende schakeling moet *elke* insteltoestand in het werkgebied kunnen innemen.

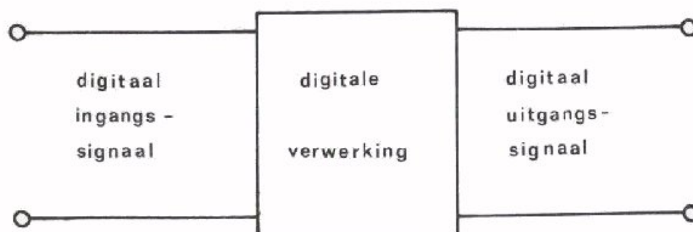


Een voorbeeld van "digitale verwerking" is een transistortrap die als schakelaar fungeert.
Hiermee wordt bijvoorbeeld een relais in- of uitgeschakeld.
Als een NPN-transistor wordt gebruikt is deze bij ingangsspanning nul niet in geleiding en bij een bepaalde positieve ingangsspanning wel in geleiding.

Als ingangssignaal wordt nu ōf een spanning nul ōf een positieve spanning toegevoerd.
Het ingangssignaal heeft een beperkt aantal waarden, in dit geval twee, een lage en een hoge. Het is een digitale informatie. Het uitgangssignaal is ōf een stroom nul ōf een stroom I_C die het relais bekrachtigd. Het uitgangssignaal heeft ook slechts twee waarden en is daarom een digitale informatie.



De ingangsspanning is of maximaal (positief) of minimaal (nul).
Bij de maximale waarde is de transistor in het punt B ingesteld.
Is de ingangsspanning minimaal dan is de transistor in het punt A ingesteld.
Heeft de ingangsspanning slecht twee bepaalde niveaus, maximum en nul, dan zijn slechts twee instelpunten mogelijk.
De spanning U_{CE} heeft dan twee waarden, maximaal en minimaal.



In geval van *digitale informatieverwerking* wordt een digitale ingangsinformatie verwerkt tot een uitgangsinformatie die eveneens digitaal is.
De verwerkende schakeling moet *een beperkt aantal* insteltoestanden aannemen (meestal twee).

VERGELIJKING VAN DIGITALE- MET ANALOGE VERWERKING

- In analoge systemen verwerken de basisschakelingen informatie in de vorm van elektrische spanning of stroom. Van het analoge signaal kan zowel de waarde van de spanning als van de frequentie continu veranderen tussen bepaalde grenzen. De schakelingen zijn zodanig ontworpen dat de toestandsveranderingen hierin glijdend worden doorlopen.

- In digitale systemen veranderen de spanningen sprongsgewijs van hoog naar laag en omgekeerd. De twee waarden van de informatie liggen voor de meeste schakelingen van het systeem vast op b.v. 0 en 5 V. Veelal wordt gebruik gemaakt van impulsvormige signalen. De schakelingen zijn zodanig ontworpen dat de overgang van de ene naar de andere toestand zo snel mogelijk plaats vindt (sprongsgewijs).

- De tweewaardigheid van het digitale signaal en het feit dat met een paar basisschakelingen zeer ingewikkelde digitale schakelfuncties kunnen worden gerealiseerd, heeft er toe geleid dat er in digitale systemen vele schakelingen van hetzelfde soort voorkomen. Van een paar basisfuncties worden dan ook vele exemplaren in een digitaal systeem toegepast.
  Bij analoge systemen zijn de signalen vaak vrij gecompliceerd. De schakelingen voor de diverse soorten van informatieverwerking kunnen niet uit steeds dezelfde basisschakelingen worden samengesteld. Voor de analoge informatieverwerking zijn een groot aantal basisschakelingen mogelijk, waarvan er in een systeem meestal slechts een beperkt aantal worden toegepast.

OEFENINGEN

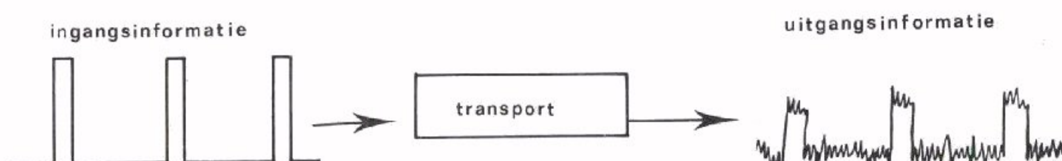
1. Vul in of hier sprake is van een digitaal of een analoog systeem. (Denk aan het verschil in "sprongsgewijze" of "glijdende" verandering).

	Digitaal	Analoog
- Schakeling met cijferindicatorbuis.		
- Versnellingssysteem van een DAF.		
- Versnellingsbak van een "gewone" auto.		
- Drukknopafstemming van een TV-ontvanger.		
- Geluidsterkteregeling van een radio.		
- Versnellingsnaaf van een racefiets.		
- "Stadslicht-dimlicht-groot licht"-schakeling van een auto.		
- Gasregeling van een auto.		

WANNEER ANALOGE-, WANNEER DIGITALE VERWERKING?

Overwegingen bij de keuze van analoge- of digitale verwerking zijn o.a.:

- De *vereiste nauwkeurigheid*. Met digitale verwerking kan een hogere nauwkeurigheid worden bereikt.
- De *kosten*. Informatieverwerking waaraan niet al te hoge eisen worden gesteld is meestal simpeler analoog op te lossen dan digitaal, en daarom goedkoper.
  Is de vereiste nauwkeurigheid echter zeer groot, dan moet een digitale uitvoering gekozen worden ook al zou analoge verwerking goedkoper zijn.
- De *vorm* van in- en uitgangsinformatie.
  Wordt digitale informatie aangeboden en moet er ook digitale informatie aan de uitgang komen, dan kiest men meestal voor digitale verwerking. Immers, twee extra omzettingen worden dan vermeden (voorbeeld: rekenmachine).
  Wordt analoge informatie aangeboden en moet ook analoge informatie afgegeven worden, dan ligt analoog verwerken voor de hand. Voorbeelden hiervan zijn geluidversterkers.
- *Informatietransport*.
  Moet de informatie over grote afstand getransporteerd worden met behoud van hoge betrouwbaarheid en nauwkeurigheid, dan zal men zeker voor digitale verwerking kiezen.
  We lichten dit toe.



Als een signaal over grote afstand getransporteerd wordt, treedt er verzwakking op waardoor het signaal kleiner wordt. Bovendien komen er gemakkelijk storingen bij.

Bij analoge informatie leidt dit al snel tot een ontoelaatbaar grote vervorming, vooral als de over te brengen informatie klein is.
Wordt informatie in digitale vorm getransporteerd, dan bederven storingen minder gauw het signaal omdat het aantal impulsen herkenbaar blijft; of ze daarbij vervormd zijn is niet van belang.

OEFENINGEN

1. Bij een platenspeler gebruikt men een analoge versterker omdat:

   de ingangsinformatie | analoog/digitaal | is,

   de uitgangsinformatie | analoog/digitaal | moet zijn.

2. Bij het tellen van een grote magazijnvoorraad balen suiker is de ingangsinformatie digitaal. Men wenst een digitale uitgangsinformatie met grote nauwkeurigheid. Men kiest voor

   | analoge/digitale | verwerking.

3. De druk van de olie in een 100 km lange pijpleiding moet om de 10 km nauwkeurig gemeten worden. De meetresultaten wil men aan het begin van de leiding ter beschikking hebben.
   Men kiest dan voor

   | analoge/digitale | verwerking van de meetinformatie.

DE BOUWSTENEN VOOR ELEKTRONISCHE INFORMATIE VERWERKING

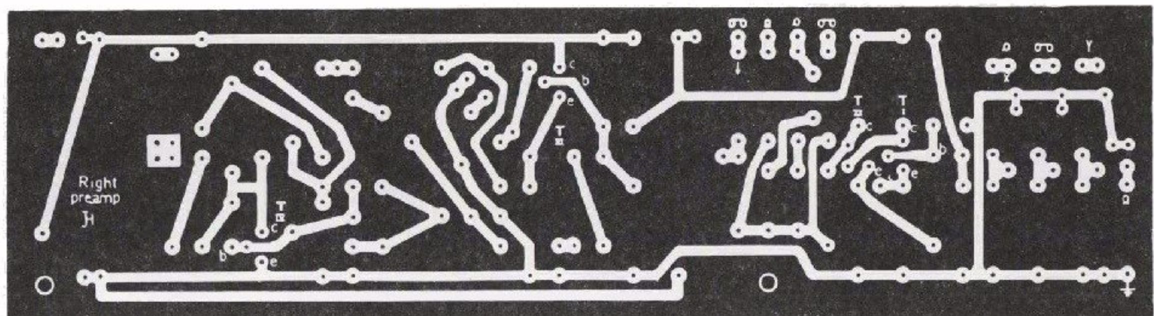
In het B-deel zijn de meeste componenten die men in elektronische schakelingen toepast reeds behandeld. De voornaamste zijn:

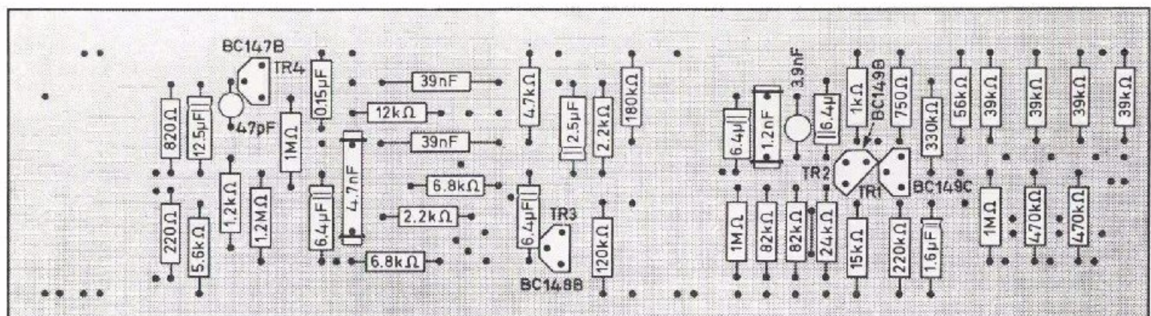
- de weerstand, condensator, spoel en transformator.
- de halfgeleiders: diode, transistor, FET, MOST, DIAC, thyristor en TRIAC.
- de buizen: diode, pentode en triode.
- de verbindingen, waaronder de coax-kabel.

Elektronische informatie-verwerkende systemen zijn opgebouwd uit schakelingen, waarin deze componenten worden toegepast.
Naarmate de systemen meer schakelingen gingen bevatten zocht men naar methoden om de schakelingen goedkoper en kleiner van afmetingen te maken.

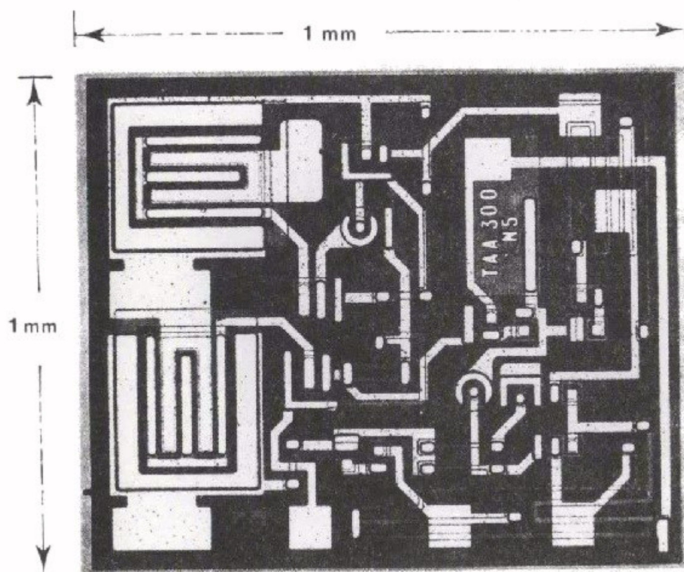
Bij de oude methode gebruikt men een chassis, waarop de onderdelen mechanisch bevestigd worden en stuk voor stuk d.m.v. draden elektrisch met elkaar worden verbonden. De montage kost veel tijd, terwijl er kans op het maken van fouten bestaat.

Een belangrijke stap vooruit is het gebruik van montageplaten met "gedrukte bedrading". Deze zijn in les B 126 ter sprake gekomen.
Hieronder ziet u nog eens onder- en bovenaanzicht van een "printplaat".

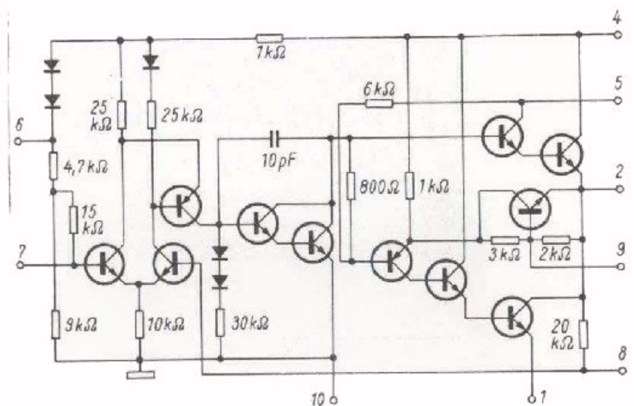




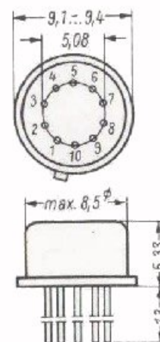
Hoewel bij "gedrukte bedrading" het samenstellen van de schakeling grotendeels machinaal kan gebeuren, moeten de gebruikte componenten (weerstanden, condensators, printplaat, enz.) nog afzonderlijk gefabriceerd worden. Bovendien zijn afmetingen wel kleiner dan bij chassismontage, maar vaak nog niet klein genoeg.
Ontwikkelingen in de fabricage van halfgeleidercomponenten hebben geleid tot het maken van complete schakelingen of "circuits" op één klein plakje silicium. Dit heeft bijvoorbeeld een oppervlak van 1 mm^2. Het zijn de zogenaamde *geïntegreerde schakelingen*, in het Engels aangeduid met "Integrated Circuits", (uitgesproken "integreetid sukkits"). Ze worden kortweg IC's genoemd. Een zo'n kleine IC kan enkele tientallen componenten bevatten, zoals dioden, transistors, weerstanden en condensators. Hieronder ziet u een voorbeeld.

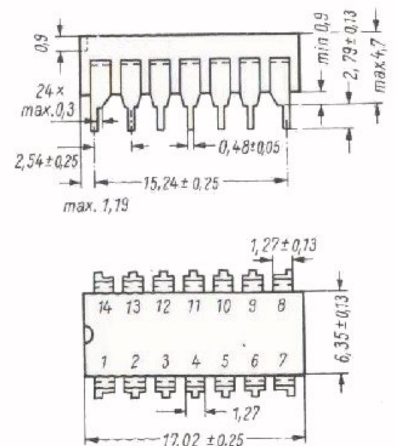


Schema van nevenstaande IC



Hiernaast de "behuizing" van IC's:
- Ronde uitvoering van metaal.
- Rechthoekige uitvoering van kunststof.





IC's zijn klein van afmetingen en betrouwbaar. Ze zijn goedkoop als ze in grote hoeveelheden vervaardigd worden.
Het maximale vermogen dat bij de huidige stand van de techniek in een IC in warmte kan worden omgezet, zonder dat de temperatuur ontoelaatbaar hoog wordt, bedraagt ongeveer 2 à 5 Watt.
De afmetingen van het silicium-plakje zijn dan b.v. 5 bij 5 mm.
Componenten zoals spoelen, transformators, grote condensators en weerstanden kunnen niet in IC's worden verwerkt. Ook voor vermogens van meer dan 5 Watt is men aangewezen op schakelingen die zijn opgebouwd met afzonderlijke componenten.

In de *digitale techniek* worden veelvuldig IC's toegepast. Men heeft daar namelijk te doen met grote aantallen van eenzelfde schakeling.
De schakeling hoeft in de regel maar kleine signalen te verwerken, terwijl het te dissiperen vermogen in de orde van grootte van µW is.

In de *analoge techniek* vinden IC's veel minder toepassing, hoewel het de laatste tijd toeneemt. Dit komt omdat in deze techniek de verscheidenheid in soorten schakelingen veel groter is dan in de digitale techniek.

SAMENVATTING

- In de techniek verstaat men onder *informatie*: de waarde van een natuurkundige grootheid of de toestand van een component.
- *Analoge informatie* kan tussen een minimum- en een maximum waarde elke waarde aannemen.
- *Digitale informatie* kan slechts een beperkt aantal vaststaande waarden aannemen en geen tussenwaarden.
- Het gebruiken van informatie noemt men informatie *verwerking*. Dit gebeurt vaak met elektronische middelen.
- *Ingangs-informatie* wordt aan de ingang van het verwerkende systeem toegevoerd.
- *Uitgangs-informatie* wordt aan de uitgang van het verwerkende systeem afgegeven.
- *Opnemers* zetten niet-elektronische informatie om in elektronische informatie. Voorbeeld: microfoon.
- *Weergevers* zetten elektronische informatie om in niet-elektronische informatie. Voorbeeld: luidspreker.
- In *analoge systemen* kan de gebruikte schakeling binnen zijn werkgebied elke toestand aannemen.
- In *digitale systemen* kan de gebruikte schakeling een beperkt aantal toestanden aannemen, meestal slechts twee.
- Voordeel van analoge verwerking:

  er zijn vaak minder componenten nodig, waardoor het apparaat goedkoper kan zijn en kleiner van afmetingen.
- Voordeel van digitale verwerking:

  er kan een grotere nauwkeurigheid en betrouwbaarheid mee worden bereikt.
- De keuze van analoge- of digitale verwerking hangt in hoofdzaak af van:
  - de vereiste nauwkeurigheid.
  - de aard van ingangs- en uitgangsinformatie.
  - de aard van de bewerkingen.
- IC's zijn schakelingen met zeer kleine afmetingen, die in één keer van een plakje silicium zijn gemaakt.
- Grote componenten en schakelingen waarin een vermogen van meer dan 5 W moet worden gedissipeerd, kunnen niet in IC's worden ondergebracht.

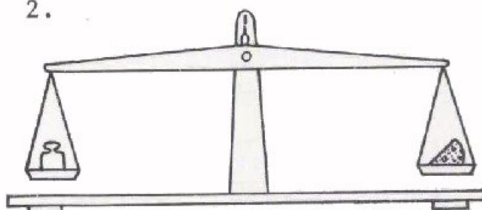
- IC's past men zéér veel toe in de digitale techniek omdat:
  - in deze techniek weinig *soorten* schakelingen voorkomen.
  - elke voorkomende schakeling in zeer grote aantallen wordt toegepast, zelfs in één apparaat.
  - de schakelingen een zeer gering vermogen dissiperen.
- IC's past men in de analoge techniek veel minder toe, omdat:
  - in deze techniek zeer veel *soorten* schakelingen voorkomen.
  - in deze techniek vaak grote componenten toegepast moeten worden, zoals spoelen en transformators, die niet in IC's onder te brengen zijn.
  - in deze techniek schakelingen worden toegepast waarin een vermogen groter dan 5 W moet worden gedissipeerd.

NAAM: [ ] KLAS: [ ]

1. Een oscilloscoop verwerkt zijn ingangsinformatie

analoog/digitaal

2.



Het gewicht van een stuk kaas wordt bepaald met behulp van deze weegschaal en een stel gewichten.
Het gewicht wordt

analoog/digitaal bepaald.

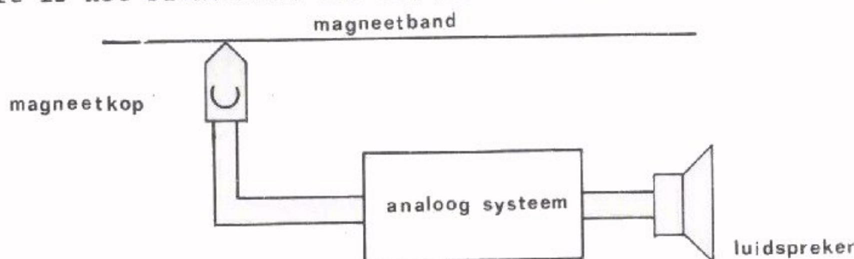
3. Een loodgieter meet de lengte van een asje met behulp van een meter en steekpasser.

Hij meet analoog/digitaal

4. Een bankwerker meet de diameter van een boor met een mal, waarin een aantal gaten van uiteenlopende diameter zijn aangebracht.

Hij meet analoog/digitaal

5. Dit is het blokschema van een bandrecorder.



De ingangsinformatie is analoog/digitaal

De opnemer is een [ ]

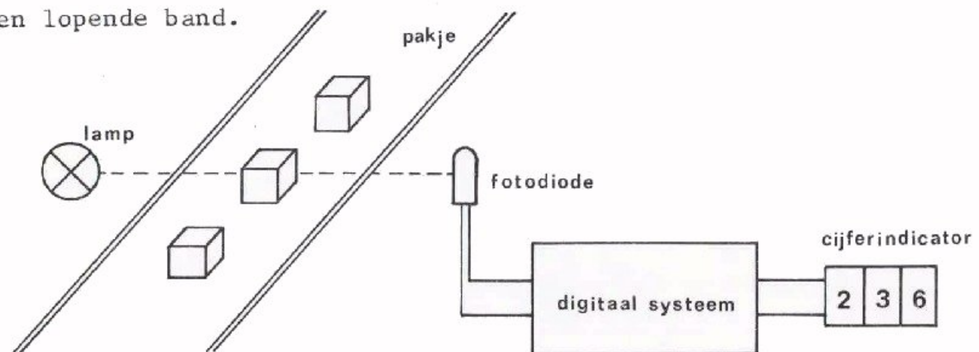
De uitgangsinformatie is analoog/digitaal

De weergever is een [ ]

De informatie wordt analoog verwerkt, omdat:

[ ]

6. Dit is het blokschema van een schakeling voor het tellen van pakjes op een lopende band.

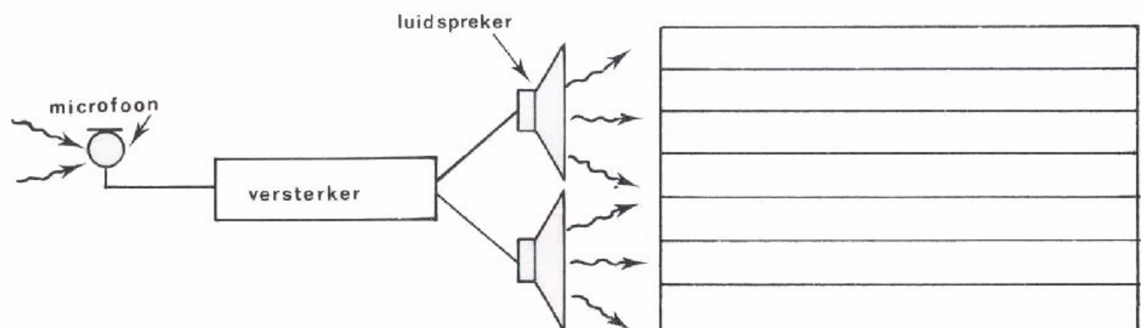


De ingangsinformatie is	analoog/digitaal
De opnemer is	
De uitgangsinformatie is	analoog/digitaal
De weergever is	

De reden dat hier een digitaal systeem wordt gebruikt is:

7. Een zanger zingt voor een microfoon. Het geluid wordt in een schouwburgzaal door luidsprekers weergegeven.

- Men verwerkt de informatie in dit geval elektronisch, omdat



- Tijdens de informatieverwerking vinden volgende omzettingen plaats:

van "geluid" naar

van naar

- De opnemer is

- De weergever is

D 2

DE DUBBELSTRAALOSCILLOSCOOP

INLEIDING

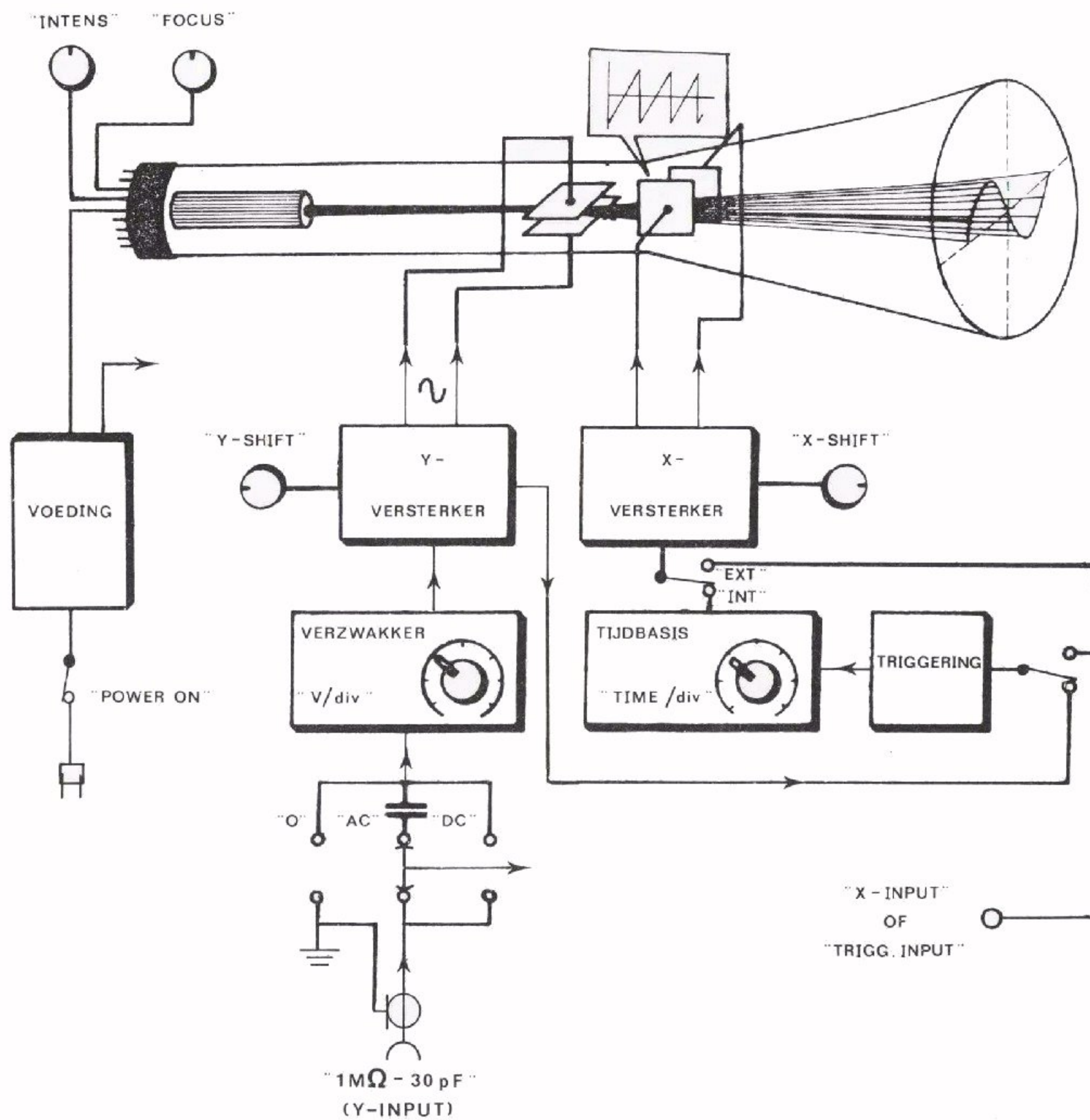
Bij de oscilloscoop die we tot nu toe gebruikten,konden we het beeld van slechts één elektrische spanning tegen de tijd bekijken. In deze oscilloscoop treft maar één elektronenstraal het scherm van de buis; het is een zogenaamde *enkelstraaloscilloscoop*.

Men kan met zo'n enkelstraaloscilloscoop wel twee elektrische spanningen vergelijken voor wat betreft de fase, de amplitude en de frequentie. Het ene signaal voert men dan toe aan de X-ingang; het andere aan de Y-ingang. Zoals we herhaaldelijk hebben gezien, ontstaat in het geval van twee sinusvormige spanningen een figuur van Lissajous. We hebben ervaren dat het vaak moeilijk is om deze Lissajous-figuren goed te begrijpen. Worden twee niet-sinusvormige signalen bekeken door de één aan de X-ingang en de ander aan de Y-ingang toe te voeren, dan is de figuur op het scherm nóg veel moeilijker te begrijpen.

Om het wat gemakkelijker te maken heeft men oscilloscopen ontwikkeld met beeldbuizen die twee elektronenstralen bevatten. De ene straal reageert op één elektrisch signaal en de tweede straal op een ander signaal. Op het scherm ziet men dan de afzonderlijke beelden van beide signalen tegen de tijd. Een oscilloscoop met twee elektronenstralen maakt zo tegelijkertijd twee elektrische signalen tegen de tijd zichtbaar. Zo'n oscilloscoop noemt men een *dubbelstraaloscilloscoop*.

In deze les gaan we met de dubbelstraaloscilloscoop kennis maken. In vogelvlucht herhalen we op de twee volgende bladzijden eerst de voornaamste dingen van de enkelstraaloscilloscoop.

ENKELSTRAALSCOOP



HET BLOKSCHEMA VAN DE ENKELSTRAALOSCILLOSCOOP

Op het vorige blad ziet u nogmaals het blokschema van een enkelstraaloscilloscoop. De verschillende functies zijn in blokken weergegeven.

- Instelling van het beeld op de buis door middel van
  - "INTENS": regeling van de helderheid.
  - "FOCUS": scherpte van het beeld.
  - "Y-SHIFT": vertikale verschuiving van het beeld.
  - "X-SHIFT: horizontale verschuiving van het beeld.

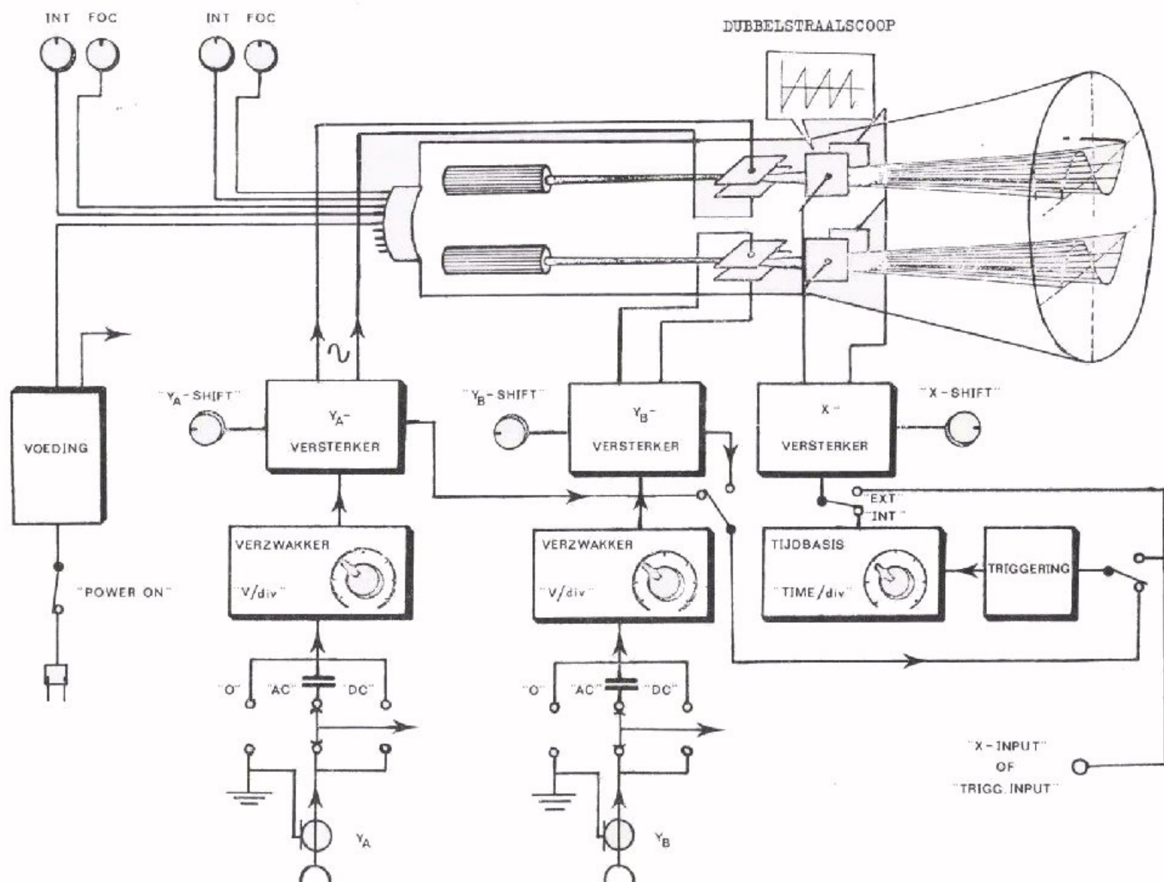
- Y-versterker voor de Y-deflectie; vertikale afbuiging in "spanning" (V/div).
- X-versterker voor de X-deflectie; horizontale afbuiging in "tijd" (s/div).
- "O-AC-DC": schakelaar aan de ingang van de Y-versterker.
  - Voor het uitfilteren van de gelijkspanningscomponent in de stand AC.
  - Voor gelijk- èn wisselspanningskoppeling aan de versterker in de stand DC.
  - Voor het instellen van de "Y-SHIFT" in de stand O.
- "TRIGGERING": het starten van de lichtstip op "commando" van een inwendig signaal (INTERN), of een van buiten toegevoerd signaal (EXTERN).

HET PRINCIPE VAN DE DUBBELSTRAALOSCILLOSCOOP

Bij een dubbelstraaloscilloscoop zijn, zoals de naam zegt, twee elektronenstralen aanwezig. Er zijn twee elektronenkanonnen in één glazen ballon ondergebracht.

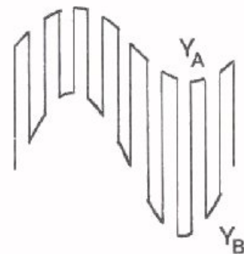
Zie onderstaand het blokschema van dit type oscilloscoop. Er zijn twee stel platen voor afbuiging in vertikale richting. De twee voor de vertikale afbuiging dienende ingangen Y_A en Y_B zijn elk via een eigen verzwakker en versterker met deze platen verbonden. Ze zijn bovendien ieder voorzien van een Y-SHIFT, zodat het mogelijk is het Y_A- beeld en het Y_B-beeld "boven elkaar" te zetten. De platen voor horizontale afbuiging zijn dubbel uitgevoerd, maar worden vanuit één tijdbasis voorzien van dezelfde afbuigspanning.

Het is dus niet mogelijk voor de twee stralen een verschillende tijdbasis te kiezen. De twee elektronenstralen kunnen wel afzonderlijk in helderheid (INT) en scherpte (FOC) geregeld worden.



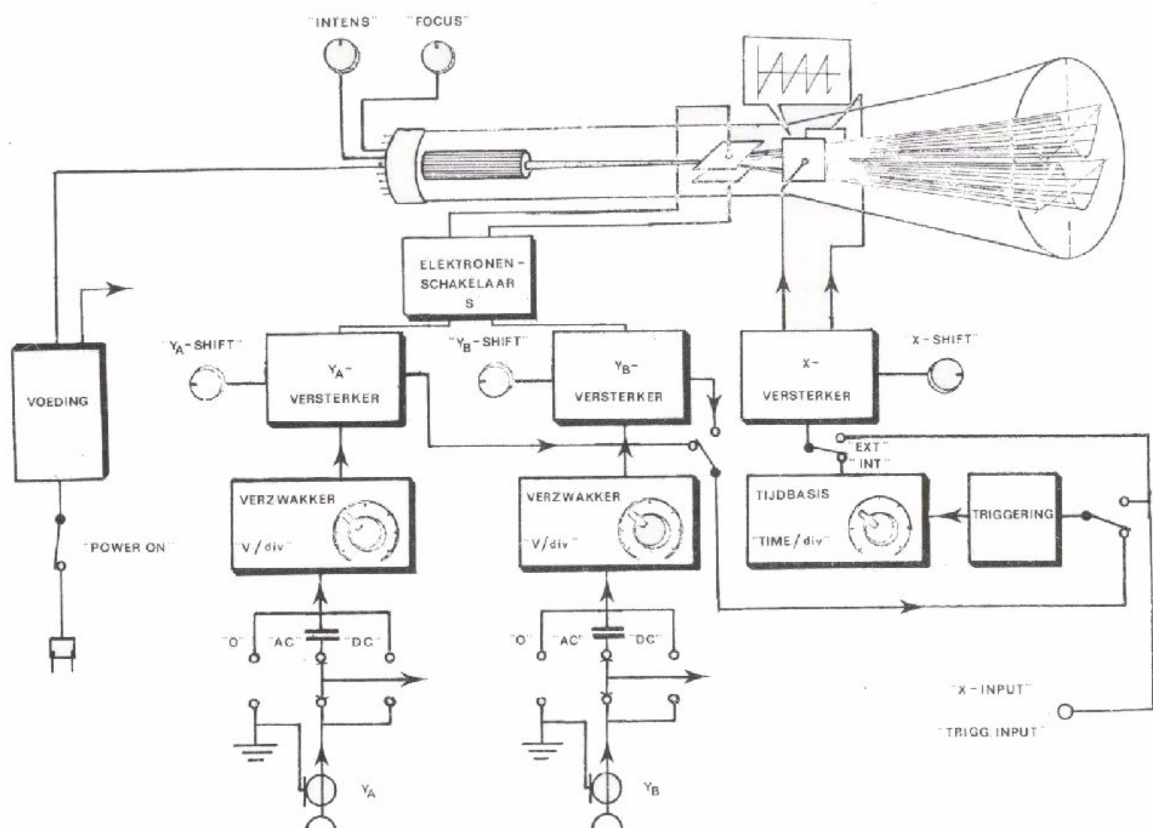
EEN ANDER TYPE: ENKELSTRAALOSCILLOSCOOP MET ELEKTRONENSCHAKELAAR

Men komt ook wel een andere uitvoering van de dubbelstraaloscilloscoop tegen. Deze oscilloscoop lijkt veel op de vorige, maar is eigenlijk geen echte dubbelstraaloscilloscoop. Deze bevat namelijk maar één elektronenkanon en heeft daarom maar één elektronenstraal, zie hieronder.
De oscilloscoop bevat eveneens het vorige type twee Y-versterkers met verzwakkers. Tussen de uitgangen van deze versterkers en de platen voor vertikale afbuiging bevindt zich een zogenaamde *elektronenschakelaar* (zie S in het schema). Dit is een elektronisch uitgevoerde schakelaar die in snel ritme beurtelings het ene of het andere Y-signaal aan de platen voor vertikale afbuiging toevoert. Op het scherm verschijnen beurtelings "stukjes" van het ene en van het andere signaal.
De afzonderlijke Y-versterkers zijn ieder weer voorzien van een Y-SHIFT, zodat het mogelijk is het Y_A-signaal boven het Y_B-signaal te zetten, of omgekeerd.



Het schakelen gebeurt zó vaak per periode, dat de streeplijnen praktisch als getrokken lijnen te zien zijn.

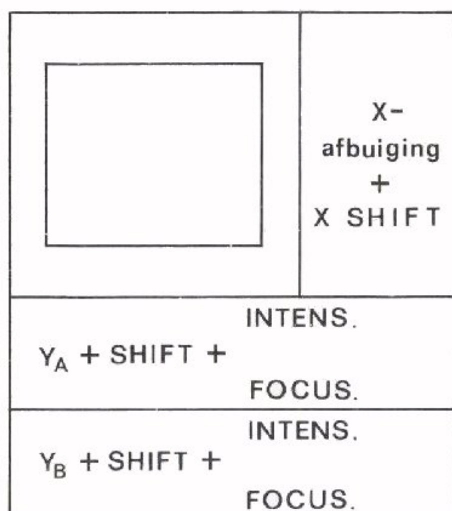
ENKELSTRAALSCOOP MET ELEKTRONENSCHAKELAAR



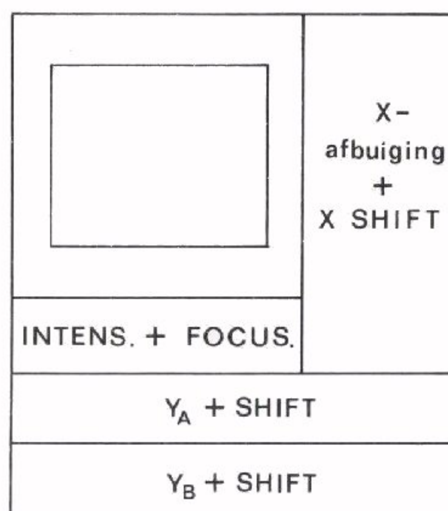
HET HERKENNEN VAN HET TYPE OSCILLOSCOOP

In het voorafgaande hebben we twee soorten oscilloscopen behandeld die twee afzonderlijke signalen tegelijkertijd kunnen laten zien.
Met behulp van wat we nu weten is het vrij eenvoudig aan de buitenkant te ontdekken met welk type we te maken hebben.
In onderstaand figuur is het aanzicht van het bedieningspaneel van twee oscilloscopen gegeven.

DUBBELSTRAAL



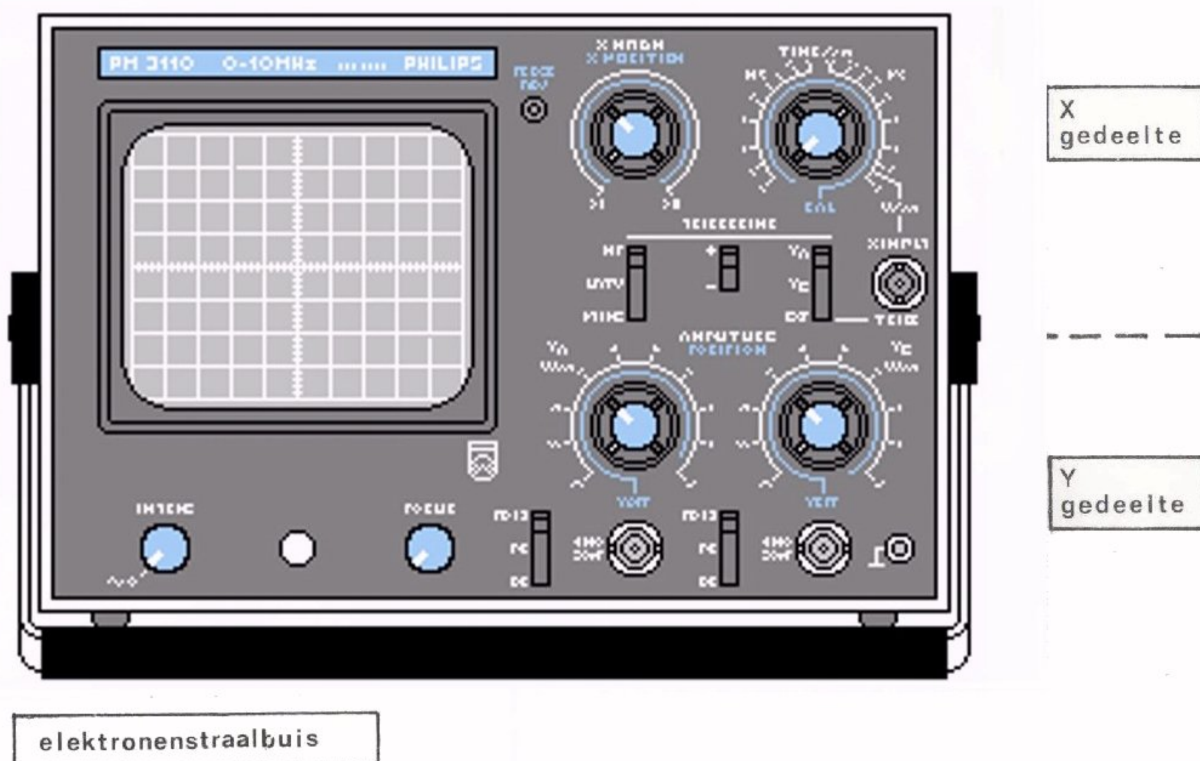
ENKELSTRAAL MET ELEKTRONENSCHAKELAAR



Ga na waaruit het verschil bestaat en verklaar hieronder met enkele woorden waardoor dit wordt veroorzaakt.

VOORBEELDEN VAN EEN OSCILLOSCOOP MET INGEBOUWDE ELEKTRONENSCHAKELAAR

Hier ziet u een afbeelding van de tekstplaat van een oscilloscoop met ingebouwde elektronenschakelaar. Hoewel hij in feite maar één elektronenkanon en dus één elektronenstraal heeft, is ook voor hem de naam "dubbelstraaloscilloscoop" algemeen ingeburgerd. Deze naam heeft hij echter ten onrechte gekregen.



U ziet dat de tekstplaat logisch is ingedeeld; hij spreekt haast voor zichzelf. Duidelijk zijn op de tekstplaat drie gebieden te onderscheiden. Zij hebben te maken met de bediening van de:

- elektronenstraalbuis, (de linkerhelft),
- horizontale- of X-afbuiging, (rechtsboven),
- vertikale- of Y-afbuiging, (rechtsonder).

Ga na of u alle termen op de tekstplaat begrijpt.

OPDRACHT: "BEDIENING VAN EEN DUBBELSTRAALOSCILLOSCOOP"

We gaan nu de oscilloscoop leren bedienen aan de hand van een reeks opdrachten.

Wanneer de tekstplaat van de oscilloscoop welke door u wordt gebruikt nog termen bevat die u niet begrijpt, vraag dan uw leraar om nadere uitleg.

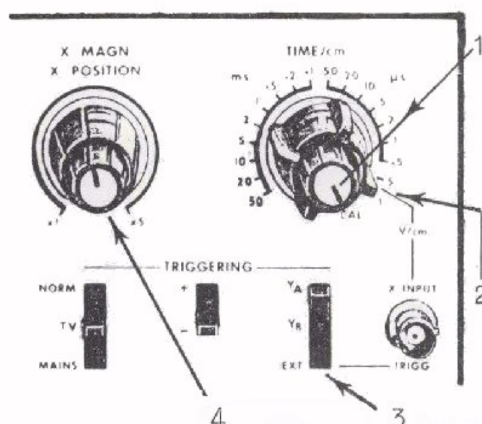
1. Instellen van de elektronenstraalbuis,
   - Netschakelaar aanzetten en controleren of het indicatielampje brandt.
   - Zorg dat u een beeld op het scherm krijgt.
     Dit gebeurt op precies dezelfde wijze als bij een enkelstraaloscilloscoop.
   - Zet X-POSITION ongeveer in de middenstand. (X-POSITION is hetzelfde als X-SHIFT).
   - Zet de knoppen Y POSITION voor kanaal A en B ongeveer in de middenstand.
   - TIME/cm (of TIME/DIV) tussen 50 ms en 5 ms.
2. Instellen van het Y-gedeelte.
   - Met de Y-POSITION knoppen bij de V/cm (AMPL/DIV) schakelaars, kunnen de beide stralen afzonderlijk in vertikale richting verschoven worden.
     Doe dit eens.
   - Afhankelijk van het type oscilloscoop kan straal A of B m.b.v. de knop Y-POSITION worden uitgeschakeld of buiten het scherm worden geplaatst. Controleer dit.

AFSPRAAK: In het vervolg zullen we de straal A steeds 1 à 2 cm boven het midden van het scherm instellen en de straal B 1 à 2 cm onder dit midden.

   - De schakelaars Y_A en Y_B dienen om de gevoeligheid in te stellen. Zij bezitten een aantal standen in V/cm of AMPL/DIV.
   - Bij de ingangsbussen bevinden zich de schakelaars "AC x 10 - AC - DC". Bij andere typen oscilloscopen wijken deze schakelaars hiervan af.
     De betekenis van deze schakelaars is u waarschijnlijk zonder meer duidelijk. Wanneer er geen stand "0" bij de ingangsschakelaars aanwezig is moet men, om de lijn op nul in te kunnen stellen, geen signaal aan de ingang toevoeren.
     Bij sommige typen oscilloscopen is er een stand "AC x 10" op de ingangsschakelaars aanwezig. In deze stand is de Y-versterking 10x groter. De aflezing van de gevoeligheid voor kanaal A of B moet dan met 10 worden vermenigvuldigd.

3. Instellen van het X-gedeelte.

In vergelijking met de u bekende enkelstraaloscilloscoop zijn hier slechts kleine verschillen.



1. Continu-regelaar voor de looptijd.
   Hiermede is het mogelijk een tijd te kiezen tussen de stappen van de TIME/cm schakelaar in. Alléén in de meest rechtse stand CAL (calibratie = ijking) gelden de aangegeven waarden van de stappenschakelaar.

2. X-afbuiging met een *externe* spanning. De gevoeligheid is naar keuze:
   1 V/cm of 5 V/cm.

OPMERKING:

De TIME/cm continu-regelaar en stappenschakelaar van 50 ms en 5 μs bedienen dus de van binnen uit (INTERN) komende zaagtandspanning voor horizontale afbuiging.

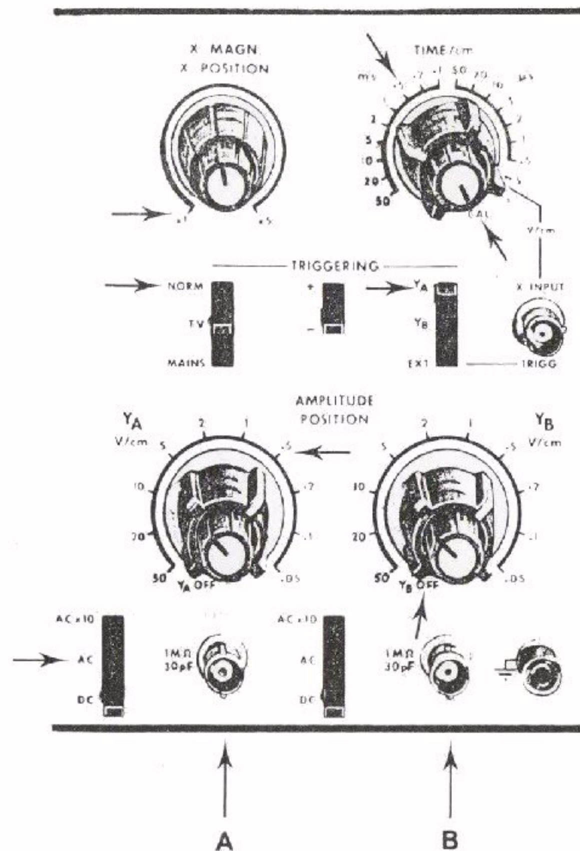
De TIME/cm stappenschakelaar in zijn twee meest rechtse standen bedient een van buiten (EXTERN) toegevoerde spanning voor horizontale afbuiging.

3. Driekeuzeschakelaar om de beelden "stil te zetten" (= TRIGGERING) met behulp van:

   het signaal van Y_A,
   of het signaal van Y_B,
   of een extern signaal.

4. X MAGN. en X POSITION.

   Magn. is een afkorting van het Engelse woord magnifier (spreek uit meknifaier) is vergroter. Met deze knop kan de X-afbuiging of tijdbasis tot 5x worden "uitgerekt".
   Voor normaal gebruikt op "1x" zetten.
   POSITION heeft hier dezelfde betekenis als bij de Y-kanalen. Met deze knop wordt de plaats in horizontale richting bepaald (X SHIFT).



- Zet de schakelaars en knoppen van de oscilloscoop in de met pijlen aangegeven standen.
- Sluit een sinusvormige spanning van 1 kHz aan op ingang A.
- Stel het beeld met de knop Y_A POSITION in op het midden van het scherm.
- Regel de generatorspanning tot een top-topwaarde van 6 cm.
- Plaats het beeld in het midden van het scherm door middel van X POSITION.

● De tijdsduur van één periode van deze spanning is: [cm] = [ms]

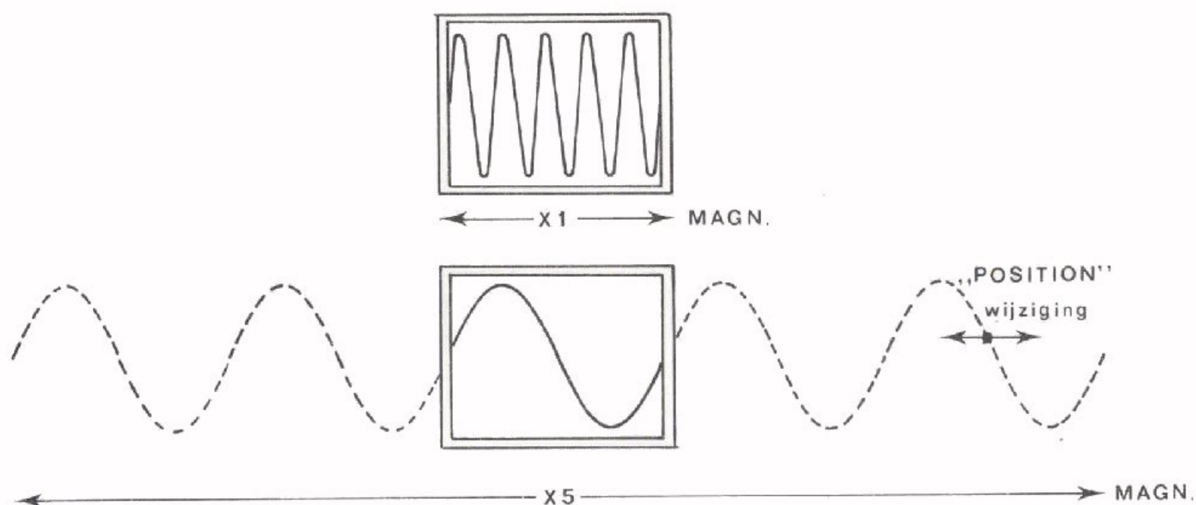
● Plaats de knop "X MAGN" geheel rechtsom in de stand "x5".
Nu is de tijd voor het schrijven van 10 cm: [ms]

Per cm afbuiging is nu de tijd: [ms]

CONCLUSIE:

In de stand "x5" van "X MAGN" moet de waarde van de stand TIME/cm vermenigvuldigd worden met [ ]

Draai nu de knop X POSITION langzaam van geheel linksom naar geheel rechtsom en kijk op het scherm wat er gebeurt.
U ziet nu de vijf sinus-perioden die eerst samen op het scherm stonden, als het ware één voor één "de,revue passeren".
Anders gezegd: men kan door middel van X POSITION de gehele sinustrein van vijf perioden van plaats tot plaats "vergroot" bekijken. Dit lijkt op het met een loupe bekijken van één periode alleen, terwijl toch alle vijf de perioden aanwezig zijn. Deze "loupe" heeft dan de afmetingen van het gehele oscilloscoopscherm. De niet-zichtbare perioden vallen buiten het scherm. In onderstaand plaatje is dit weergegeven.



OPDRACHT: HET METEN VAN TWEE SPANNINGEN

- Zet beide AC-DC-schakelaars in de stand AC.
- Zet de TRIGG-schakelaar in de stand Y_A.
- Zet "TIME/cm" op 1 ms.
- Zet "Y_A" en "Y_B" elk op 1 V/cm.
- Sluit op ingangen Y_A en Y_B eenzelfde sinusvormige generatorspanning aan. Regel de frequentie zodanig dat er enkele perioden op het scherm verschijnen. Stel de uitgangsspanning van de generator zó in, dat op het scherm een beeld van totaal 1 cm hoog ontstaat.
- Zet de ingangsschakelaar "Y_B" nu in de stand AC x 10. Hoeveel maal groter is het beeld van Y_B dan dat van Y_A?
- In welke stand van de V/cm-schakelaar van het B-kanaal is de beeldhoogte van Y_B weer 1 cm?

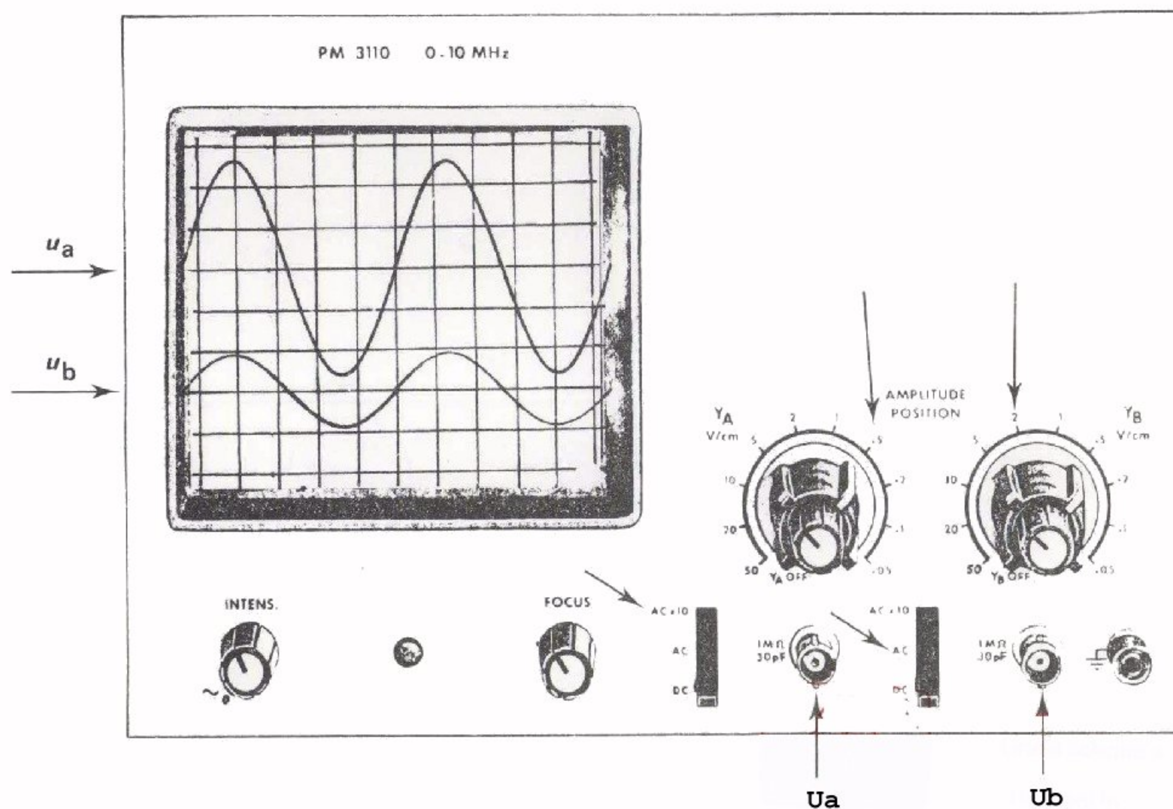
CONCLUSIE

In de stand AC x 10 wordt de gevoeligheid inderdaad 10x zo groot.

OEFENING

In volgende figuur zijn de standen van de verschillende schakelaars met pijlen aangegeven.

Aan de ingangsbussen worden de spanning u_a en u_b toegevoerd.



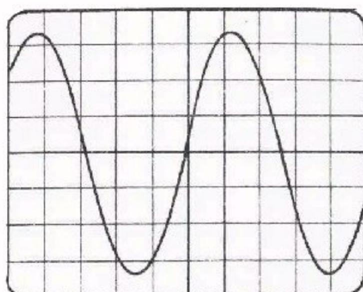
Uit de beelden op het scherm blijkt nu:

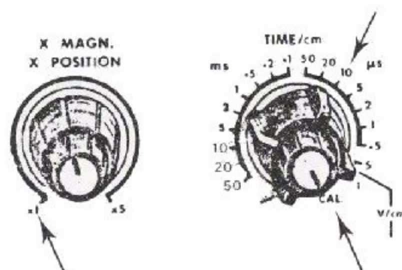
U_{at} =

U_{bt} =

OEFENINGEN

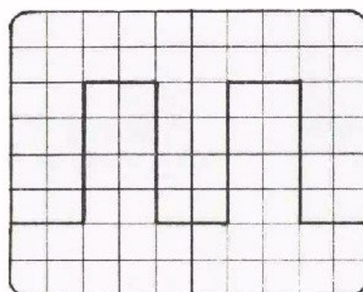
1.

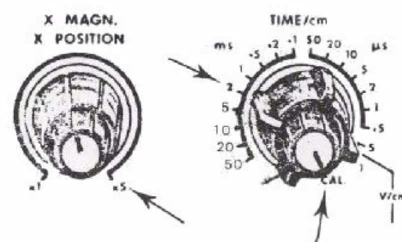




In de aangegeven standen van de knoppen is de frequentie:

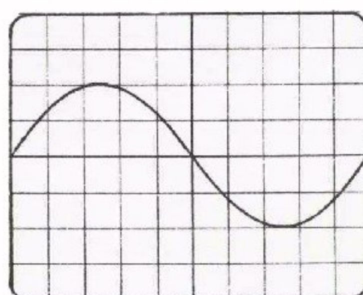
2.

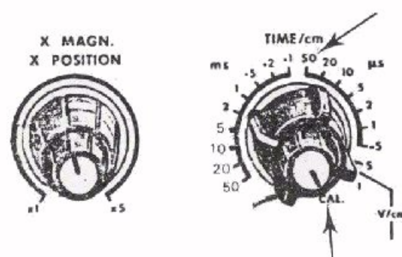




In de aangegeven standen van de knoppen is de frequentie:

3.





Bij een frequentie van 10.000 Hz is de stand van X MAGN:

x

OPDRACHT: HET METEN VAN TWEE GELIJKE SPANNINGEN

Deze meting geeft u de gelegenheid meer ervaring op te doen in het bedienen van de "dubbelstraaloscilloscoop".

- Sluit op de ingangen A en B hetzelfde signaal aan: U_t = 10 V bij f = 1 kHz. Zet de amplitudeschakelaars in de stand 5 V/cm.
- Zet de beelden van beide signalen eerst op elkaar en plaats daarna het signaal A 1 cm boven het midden en signaal B 1 cm onder het midden.
- Trigger de tijdbasis eerst op signaal A en daarna op signaal B. Waarom maakt dit geen verschil?

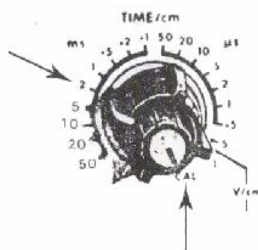
- Verwijder nu signaal A. Maakt het nu wel verschil of we op signaal A of signaal B triggeren?

ja/neen

Hoe komt dit dan?

- Als men een signaal B met bekende frequentie wil vergelijken met een signaal A met onbekende frequentie, dan moet men de tijdbasis triggeren op het signaal:

- Zet de "TIME/cm"-knop in onderstaande stand.

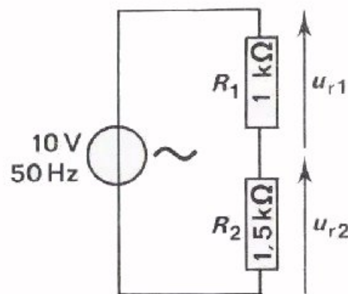


Bepaal bij welke frequentie er één periode op het scherm komt.

Voor "X MAGN. x 1" f =

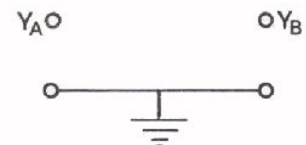
Voor "X MAGN; x 5" f =

OPDRACHT: HET METEN VAN TWEE VERSCHILLENDE SPANNINGEN



Stel dat men uit nevenstaande schakeling twee spanningen wil vergelijken met een enkelstraaloscilloscoop.
De Y-ingang wordt dan voor het ene signaal en de X-ingang voor het andere gebruikt. De spanningen moeten dan met elkaar worden vergeleken door middel van een Lissajous-figuur. Hun verloop in de tijd is dan niet op het scherm te zien.

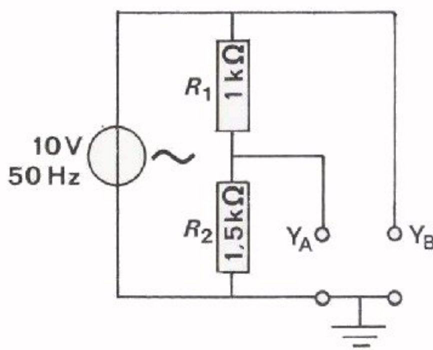
- Bouw deze schakeling op het paneel.
  Gebruik voor de volgende drie proeven een soldeertransformator als wisselspanningsbron.
  Als men de twee spanningen u_{r1} en u_{r2} met een dubbelstraaloscilloscoop wil vergelijken, moet men rekening houden met de opbouw van de oscilloscoop. De beide ingangen A en B hebben nl. een gemeenschappelijke aarde.



De spanningen over R_1 en R_2 kan men op drie verschillende manieren bepalen.

- Zet de schakelaar "TRIGG." in de stand "MAINS".
  Nu komt triggering met behulp van de netspanning tot stand.

● Eerste manier.



- Meet de top-topwaarde van u_{r2}.

$U_{(r2)tt}$ = ☐

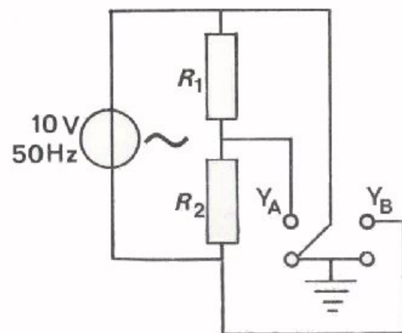
- Meet de top tot topwaarde van $u_{r1} + u_{r2}$.

$U_{(r1 + r2)tt}$ = ☐

- Hieruit volgt:

$U_{(R1)tt}$ = ☐

● Tweede manier.



- Meet:

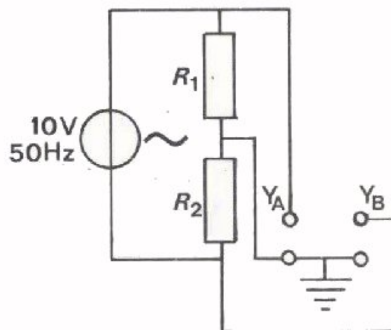
$U_{(r1)tt}$ =

en $U_{(r1 + r2)tt}$ =

- Bereken:

$U_{(r2)tt}$ =

● Derde manier.



- Meet op nevenstaande manier

$U_{(r1)tt}$ =

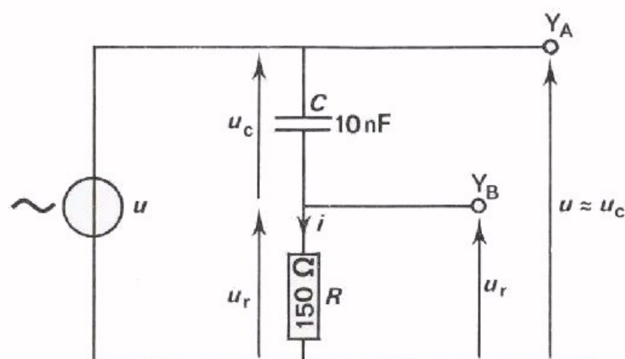
$U_{(r2)tt}$ =

Waarom bestaat er faseverschil tussen deze beide spanningen en hoeveel bedraagt die?

OPDRACHT: HET METEN VAN HET FASEVERSCHIL TUSSEN TWEE SPANNINGEN

Zoals bekend ijlt de stroom door een ideale condensator 90^0 vóór op de spanning over die condensator.

- Bouw deze schakeling.



De serieweerstand R is klein t.o.v. de impedantie van de condensator. Hierdoor is de spanning over de C praktisch gelijk aan de totale spanning u. Verder is de spanning over de R een maat voor de stroom door de serieschakeling en dus voor de stroom door de condensator.

- Stel de generator in op 13 kHz. Voer het signaal toe aan de schakeling vanuit de laagohmige uitgang.
  Maak $u \approx u_c$ en u_r op het scherm van de oscilloscoop zichtbaar.
  Bepaal het faseverschil tussen u_c en u_r.

$\varphi =$ [ ]

FREQUENTIEMETING

Met een enkelstraaloscilloscoop kan men frequentiemetingen doen. Men sluit dan een spanning met een bekende frequentie aan op de X-ingang en die met de onbekende frequentie op de Y-ingang. Hebben de frequenties een "mooie" verhouding, dan ontstaat op het scherm een zogenaamde *figuur van Lissajous*. De verhouding van het aantal toppen in de Y-richting tot het aantal in de X-richting is dan gelijk aan de frequentieverhouding.

Ook met de "dubbelstraaloscilloscoop" kunnen we een frequentie meten met behulp van Lissajousfiguren. Hiertoe kan men dan de spanning met bekende frequentie extern toevoeren aan de "X-input", daarbij de TIME/cm - stappenschakelaar in de rechtse van zijn twee uiterste standen zetten. De spanning met onbekende frequentie moet aan de A - óf aan de B -ingang worden toegevoerd.

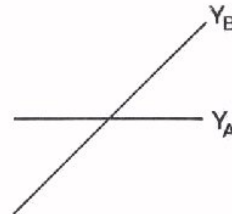
Met de "dubbelstraaloscilloscoop" kunnen we echter ook anders te werk gaan. Zorg voor interne horizontale afbuiging; voor de spanning met bekende frequentie bijvoorbeeld aan de Y_A-ingang toe. Voer dan de spanning met onbekende frequentie aan de andere ingang toe.
In geval van een "mooie" frequentieverhouding kan men dan twee stilstaande beelden verkrijgen, waarbij de frequentieverhouding gelijk is aan de verhouding van het aantal perioden over eenzelfde breedte.

In een volgende opdracht gaan we de frequentiebepaling beoefenen op beide manieren.

OPDRACHT: FREQUENTIEMETING

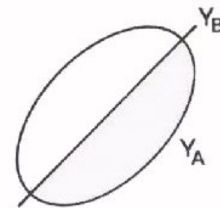
- Voer een "standaard-wisselspanning" van circa 2 V en 10 kHz toe vanuit b.v. de PM 5100 aan de Y_B-ingang én aan de "X-input". Zet de TIME/cm-stappenschakelaar in zijn meest rechtse stand (gevoeligheid 1 V/cm).

  U ziet nu dat de Y_B-spanning en de(zelfde) X-spanning samen als figuur van Lissajous een schuine rechte lijn geven. Omdat aan de Y_A-input géén spanning wordt toegevoerd, geeft deze een horizontale rechte lijn.



- Voer bovendien vanuit een andere generator een sinusvormige spanning van 10 kHz toe aan de Y_A-ingang.

  Als de frequenties van de beide spanningen gelijk zijn, ziet u behalve de schuine lijn van het Y_B-signaal ook een stilstaande ellips van het Y_A-signaal. Zorg ervoor dat de hoogte van het Y_B- en het Y_A-signaal op het scherm even groot is.



- Op het scherm staan nu *twee* Lissajous-figuren: één van Y_A, één van Y_B.

- Zet de TIME/cm-stappenschakelaar in de stand 20 µs.
  Als de oscilloscoop op het B-kanaal triggert ziet u een stilstaand Y_B-signaal (te controleren door even aan de Y_B SHIFT te draaien) en een "lopend" Y_A-signaal.
  De frequenties f_A en f_B zijn ongeveer gelijk.

- Zet de TIME/cm-stappenschakelaar weer in zijn uiterst rechtse stand (1 V/cm). Breng de frequentie van het signaal van de tweede generator ongeveer op 20 kHz, zodat als figuur van Lissajous een "liggende 8" zichtbaar wordt.
  Dan is $f_A = 2\ f_B$.

  - Zet TIME/cm weer in de 20 µs stand. U ziet nu de stilstaande Y_B-sinus (triggering op het B-kanaal) en de "lopende" Y_A-sinus met 2x zoveel perioden.

- Herhaal de gedane metingen nog eens voor een aantal andere "mooie" frequentieverhoudingen.

OPMERKING

Voor twee sinusvormige spanningen is de frequentiemeting met Lissajous-figuren de handigste.
Is echter één van de signalen (of zijn beide signalen) niet-sinusvormig, dan is de laatste methode de enig bruikbare.

- Herhaal de gedane metingen, waarbij de tweede generator in plaats van een sinusvormige nu een blokspanning toevoert. U zult ervaren dat de Lissajous-methode dan onbruikbaar is.

SAMENVATTING

- Naast de *enkelstraaloscilloscoop* heeft men ook de *enkelstraaloscilloscoop met ingebouwde elektronenschakelaar* en de *dubbelstraaloscilloscoop*. Beide laatstgenoemde types duidt men in de praktijk aan met de naam "dubbelstraaloscilloscoop".

- Een "echte" dubbelstraaloscilloscoop is van een enkelstraaloscilloscoop met elektronenschakelaar te onderscheiden door:
  - De "echte" heeft afzonderlijke regelingen van *intensiteit* en *focussering* voor Y_A- en Y_B-signaal.
  - De oscilloscoop met elektronenschakelaar heeft slechts één regeling voor *intensiteit* en *focussering*.

- Een dubbelstraaloscilloscoop geeft tegelijkertijd *twee* spanningen tegen de tijd weer. Hij heeft dan ook *twee* Y-ingangen: de A- en de B-ingang.

- Gewoonlijk is de horizontale afbuiging (in X-richting) voor het A_A en B_B-signaal gemeenschappelijk. Deze kan zowel *intern* (door middel van een zaagtandspanning) als *extern* verzorgd worden.
Verder kunnen de beelden in verticale richting ten opzichte van elkaar verschoven worden (Y-SHIFT voor het A- en B-signaal

- De *triggering* is te verzorgen met:
  - het Y_A-signaal } *intern*
  - het Y_B-signaal }
  - een van buiten toegevoerd signaal: *extern*

- Een dubbelstraaloscilloscoop is o.a. te gebruiken:
  - als enkelstraaloscilloscoop door alleen óf de Y_A-, óf de Y_B-ingang te gebruiken.
  - Als dubbelstraaloscilloscoop om twee signalen onderling te vergelijken; dit is vooral bij niet-sinusvormige signalen van groot belang. Bedenk bij het gebruik wel dat de Y_A- en de Y_B-ingang een *gemeenschappelijke aarde* hebben.

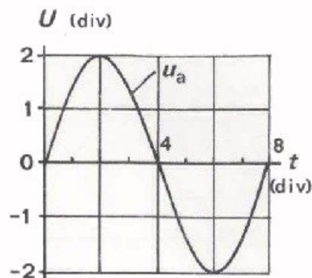
- Er zijn enkelstraal- zowel als dubbelstraaloscilloscopen met een *x magnifier* (= X-vergroter). Deze biedt de mogelijkheid om een signaal in horizontale richting "uit te rekken". Daardoor kan men dan veel nauwkeuriger een deel van het signaal bekijken.

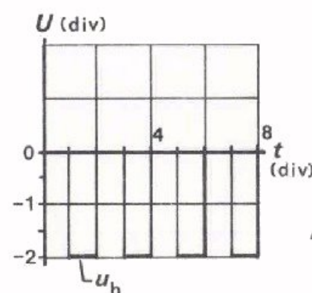
NAAM: KLAS:

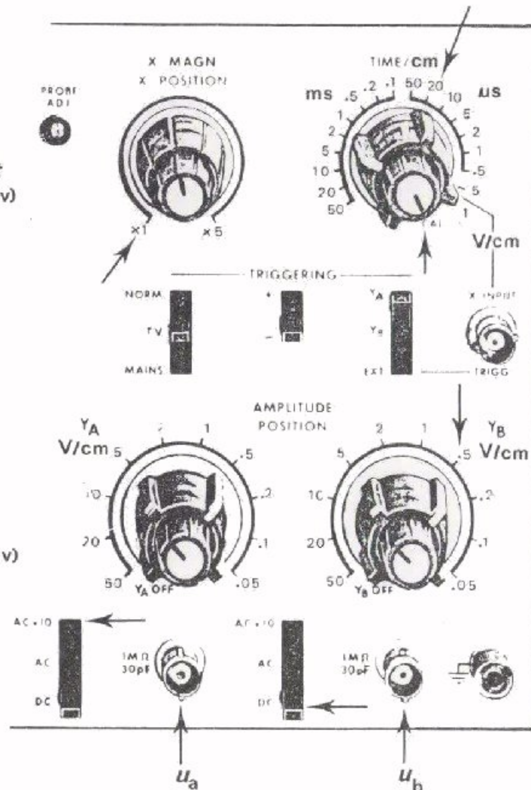
OEFENINGEN

Links zijn de spanningen u_a en u_b op het scherm van de dubbelstraaloscilloscoop getekend. Ernaast zijn met pijlen de standen van de knoppen op de tekstplaat aangegeven. Bepaal de hieronder gevraagde grootheden.

1.







$U_{a(tt)}$ = V

$U_{b(tt)}$ = V

$U_{b(GEM)}$ = V

f_a =

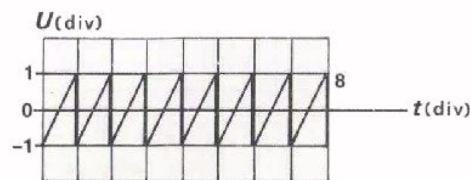
f_b =

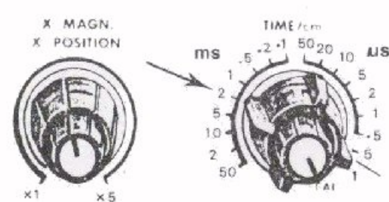
---

2. De TIME/cm schakelaar staat in de met een pijl aangegeven stand. Bepaal van de zaagtandspanning op het scherm van de oscilloscoop de frequentie indien de knop X MAGN staat:

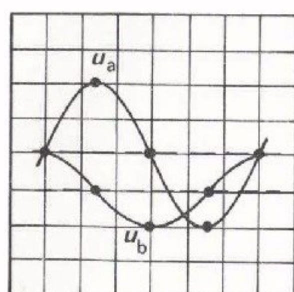
in de stand "x1"

in de stand "x5"



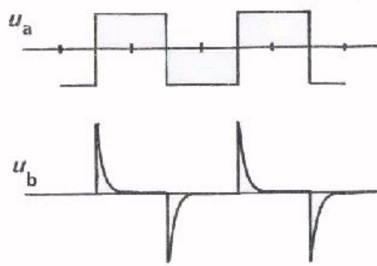


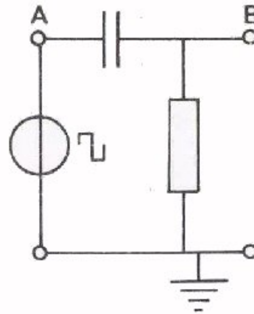
3.



De spanning u_b ijlt ° na op u_a.

4.

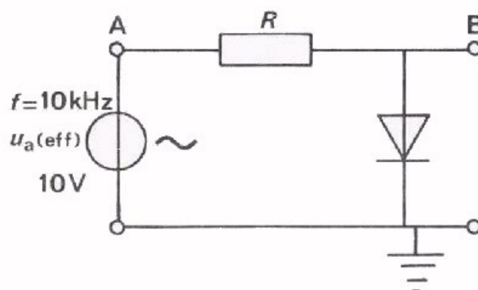




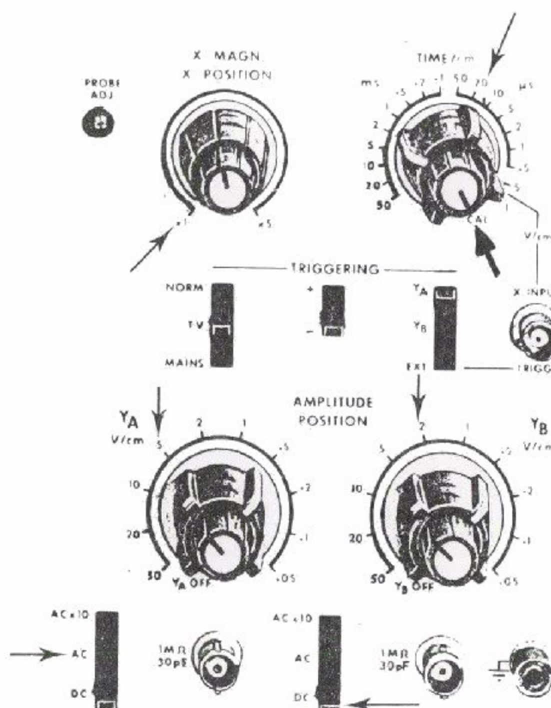
Bij deze schermbeelden is:

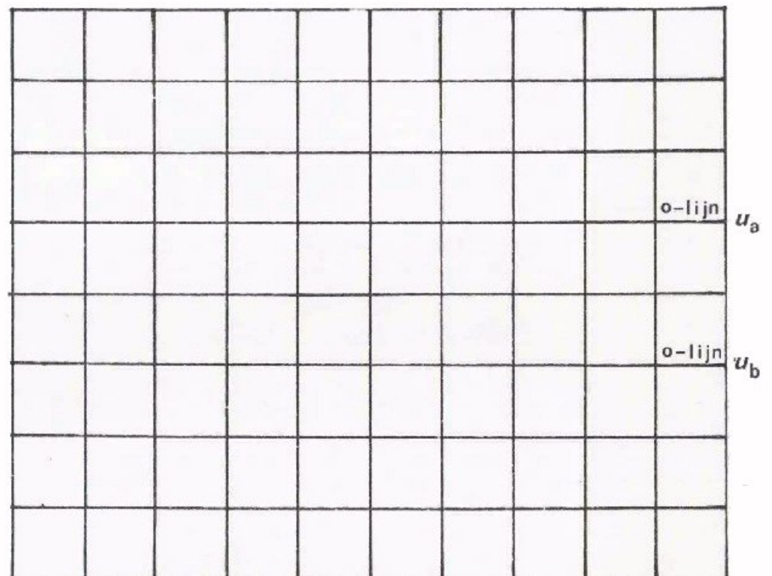
RC	≫	*T*
of		
RC	≪	*T*

5.



Schets u_a en u_b voor de getekende stand van de knoppen.





D 3

DE DIGITALE BASISFUNCTIES "AND", "OR" EN "NOT"

INLEIDING.

We staan aan het begin van het D-deel van de kursus bedrijfselectronica, namelijk de *digitale techniek*. Dit gebied van de electronica is in veel opzichten anders dan wat u tot nu toe hebt gezien. In de inleidende les D 1 hebt u al het verschil leren kennen tussen analoge- en digitale techniek. In deze les beginnen we met drie schakelingen, die de basisfuncties AND, OR en NOT vervullen. Wat men daaronder verstaat wordt in deze les duidelijk gemaakt. We zullen zien hoe deze basisfuncties verwezenlijkt kunnen worden met behulp van schakelaars, maar ook met dioden en met transistors.

Verderop in deze lessen hanteren we deze basisschakelingen alleen nog maar als *functies*, die voorgesteld worden door een blokje. We zijn dan minder geïnteresseerd in de opbouw van de schakeling, maar meer in de functie daarvan.

Vervolgens komen we tot enkele bijzondere functies die ontstaan door combinaties van AND-, OR- en NOT-functies. De twee belangrijkste combinaties zijn de NAND en de NOR. De NAND is een combinatie van NOT en AND. De NOR is een combinatie van NOT en OR. De NAND en de NOR vormen de bouwstenen, waarmee we in alle volgende lessen gaan werken, zowel in theorie als in de opdrachten.

Met de NAND en de NOR worden informatie-verwerkende systemen opgebouwd. Hierbij komen verschillende andere punten ter sprake, zoals het omzetten van niet-elektrische- in elektrische grootheden en omgekeerd. We bespreken de verbindingen tussen de onderdelen van een digitaal systeem en de storingen die daarbij kunnen ontstaan. We behandelen de manieren waarop de storingen onderdrukt of voorkomen kunnen worden. Ook het opsporen van storingen komt ter sprake. We behandelen de manier waarop de benodigde digitale spanningen worden verkregen.

Wat de bijzondere digitale systemen betreft, komen we op gedeelten van een rekenmachine. Daarbij wordt uitgelegd hoe de machine kan tellen met behulp van het al of niet aanwezig zijn van spanningen. Hiervoor is enige kennis van het tweetallige stelsel nodig.

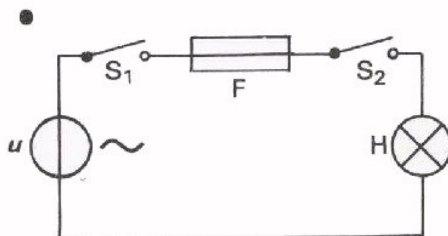
In totaal, herhalingen en testen inbegrepen, worden 35 lessen aan de digitale techniek besteed.

In deze lessen worden zoveel mogelijk de schemasymbolen gebruikt zoals die voorkomen in de nieuwste Nederlandse Norm (NEN 5152) .

"AND", "OR" en "NOT" DE "AND"-, "OR"- EN "NOT"-FUNCTIE

In deze les bespreken we de drie *basis-functies* waarvan men gebruik maakt in de digitale techniek. Elk van deze functies lichten we toe met behulp van een eenvoudige schakeling, waarin een of meer (mechanische) schakelaars worden gebruikt.

We bekijken het schema van een eenvoudige lichtinstallatie.



Lamp H brandt als:

- Hoofdschakelaar S_1 gesloten is,

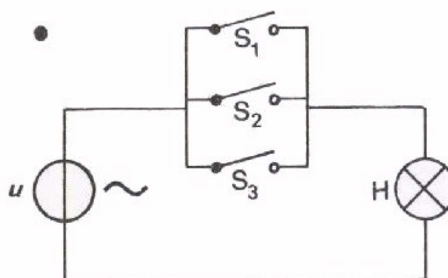
EN

- Smeltveiligheid F niet onderbroken is,

EN

- Kamerschakelaar S_2 gesloten is.

Dit is een voorbeeld van een schakeling met een "EN-functie" ook wel "AND-functie" genoemd. (AND is het engelse woord voor EN, uitgesproken "end").



In deze schakeling brandt lamp H als:

- Schakelaar S_1 gesloten is,

OF

- Schakelaar S_2 gesloten is,

OF

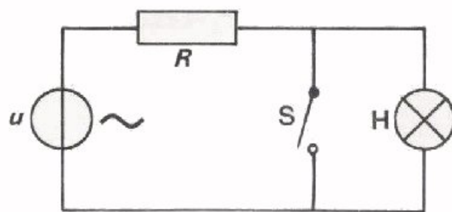
- Schakelaar S_3 gesloten is,

OF

- Meer dan één van deze schakelaars gesloten zijn.

Dit is een voorbeeld van een schakeling met een "OF-functie" ook wel "OR-functie" genoemd. (OR is het engelse woord voor OF, uitgesproken "or").

•



In dit geval brandt lamp H als:

- Schakelaar S niet gesloten is.

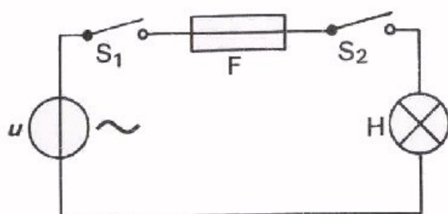
Dit is een voorbeeld van een schakeling, met een "NIET-functie" ook wel "NOT-functie" genoemd. (NOT is het engelse woord voor NIET, uitgesproken "not").

Evenals in de praktijk gebruiken we voor deze functies in onze lessen voortaan de *engelse* benamingen: AND, OR en NOT.

Verderop zal blijken dat men zelfs de meest ingewikkelde verwerkingen van informatie kan verrichten met uitsluitend de basisfuncties AND, OR en NOT.

DE AND-FUNCTIE

Hier is nog eens de schakeling met de AND-functie getekend.



De werking kunnen we als volgt onder woorden brengen:
"Lamp H brandt als de hoofdschakelaar S_1 gesloten is EN de smeltveiligheid F niet onderbroken is EN de kamerschakelaar S_2 gesloten is".

Dit is wel een hele mond vol. Men heeft daarom afspraken gemaakt om hetzelfde korter te zeggen. De componenten in bovenstaande schakeling hebben twee toestanden. Men duidt de ene toestand aan met 0 en de andere met 1. Voor ons voorbeeld wordt dit:

Schakelaar S is geopend ⟶ S verkeert in toestand 0 ⟶ S = 0
Schakelaar S is gesloten ⟶ S verkeert in toestand 1 ⟶ S = 1

Veiligheid F is onderbroken ⟶ F verkeert in toestand 0 ⟶ F = 0
Veiligheid F is heel ⟶ F verkeert in toestand 1 ⟶ F = 1

Lamp H brandt niet ⟶ H verkeert in toestand 0 ⟶ H = 0
Lamp H brandt wel ⟶ H verkeert in toestand 1 ⟶ H = 1

We kunnen de AND-functie van deze schakeling nu korter opschrijven:

H = 1 als S_1 = 1 EN F = 1 EN S_2 = 1

In woorden betekent dit: "Lamp H brandt als S_1 gesloten is EN F heel is EN S_2 gesloten is".

We kiezen voor de *actieve* toestand steeds 1. (gesloten schakelaar, brandende lamp, hele smeltveiligheid).

De *niet-actieve* toestand wordt met 0 aangegeven. (open schakelaar, nietbrandende lamp, defecte veiligheid).

DE WAARHEIDSTABEL

In ons voorbeeld van de AND-functie hebben we alleen nog maar gesproken over het geval dat de lamp brandt. De schakeling kan zich ook in andere toestanden bevinden, bijvoorbeeld:

- Als $S_1 = 1$ en $F = 0$ en $S_2 = 1$, dan is $H = 0$.
- Als $S_1 = 1$ en $F = 1$ en $S_2 = 0$, dan is $H = 0$.

Zo zijn er nog mééŕ toestanden te bedenken. Voor het branden van de lamp zijn hier de componenten S_1, F en S_2 aansprakelijk, die elk de toestand "0" of "1" kunnen hebben.

Zijn er twee componenten dan zijn er $2 \times 2 = 2^2 = 4$ verschillende toestanden mogelijk. Zijn er drie componenten, dan zijn er $2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$ verschillende toestanden mogelijk. In de gegeven schakeling blijken er in totaal acht mogelijke toestanden te zijn. Brengen we al deze toestanden onder woorden (ook al doen we het kort) dan is dat niet erg overzichtelijk. Daarom heeft men de gewoonte alle toestanden van een schakeling in een tabel weer te geven, de zogenaamde *waarheidstabel*.

Deze tabel is erg overzichtelijk. Bovendien kan men controleren of men *alle* toestanden heeft opgesomd zonder er een te vergeten.

S_1	F	S_2	H
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

voorwaarden gevolg

Hiernaast is de complete waarheidstabel van deze AND-functie getekend.

Elke regel stelt een mogelijke toestand voor. Ga voor uzelf na of er nog andere combinaties van 0 en 1 mogelijk zijn onder S1, F en S2.

Op het volgende blad gaan we oefenen in het opstellen van een waarheidstabel.

OEFENINGEN

1. Een automatische wasmachine werkt alléén als:
   - de netspanning aangesloten is,
   - EN er met de keuzeschakelaar een wasprogramma gekozen is,
   - EN het deksel van de wasmachine gesloten is.

   - Ken aan elk van de VOORWAARDEN om de machine te laten werken een toestand 0 of 1 toe (A, B en C).
   - Doe hetzelfde voor het GEVOLG, het al of niet werken van de wasmachine (M).

A: Netspanning aangesloten	☐	Netspanning niet aangesloten	☐
B: Keuze gemaakt	☐	Keuze niet gemaakt	☐
C: Deksel gesloten	☐	Deksel niet gesloten	☐
M: Wasmachine werkt	☐	Wasmachine werkt niet	☐

   - Vul de waarheidstabel van deze AND-functie in.

A	B	C	M
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

2. Een voedingsapparaat levert spanning als de netspanning ingeschakeld is EN de ingebouwde smeltveiligheid niet defect is.
   - Ken aan de *voorwaarden* voor het leveren van spanning de toestanden 0 of 1 toe (A en B).
   - Doe hetzelfde voor het *gevolg*, het al dan niet leveren van spanning (C)

A: Netspanning	☐	Netspanning	☐
B: Smeltveiligheid	☐	Smeltveiligheid	☐
C: .... spanning	☐	.... spanning	☐

   - Vul de waarheidstabel in

A	B	C
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

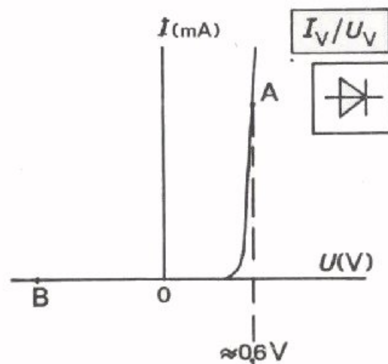
"SCHAKELAARS" IN DE ELEKTRONICA

In de elektronica gebruiken we meestal geen mechanische schakelaars. Daarvoor passen we dioden of transistors toe. Deze hebben een aantal doorslaggevende voordelen:

- Ze nemen weinig plaats in (denk aan IC's).
- Ze zijn niet aan slijtage onderhevig.
- Ze kunnen zéér snel schakelen.
- Voor het schakelen is weinig energie nodig.

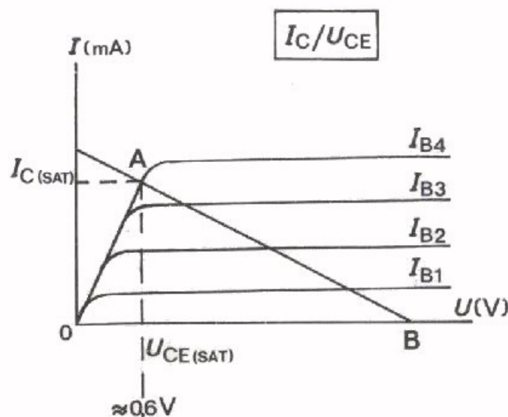
Halfgeleiders als schakelaars hebben ook enkele nadelen:

- In doorlaatrichting valt er een kleine spanning over de halfgeleider.
- In sperrichting loopt er een kleine lekstroom.



Als schakelaar wordt vaak de silicium-diode toegepast. Als de diode geleidend is (punt A) staat er een kleine spanning over. In het spergebied (punt B), laat de diode een lekstroom door die meestal minder is dan 1 µA. In de schakeltechniek geldt als praktische benadering:

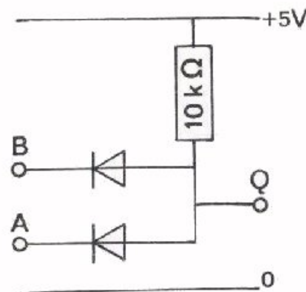
- Als U_V positief is, laat de diode flink stroom door en gedraagt zich vrijwel als een gesloten schakelaar.
- Als $U_V = 0$ of U_V is negatief, laat de diode geen stroom door en gedraagt zich als een open schakelaar.



De silicium-transistor wordt dikwijls als gestuurde schakelaar gebruikt. In geleidende toestand (punt A) blijft er een kleine kniespanning over de transistor staan. Dit is de verzadigingsspanning $U_{CE(SAT)}$

In spertoestand (punt B) blijft er nog een zeer kleine sperstroom lopen, meestal minder dan 1 µA.

DE AND-FUNCTIE MET DIODEN



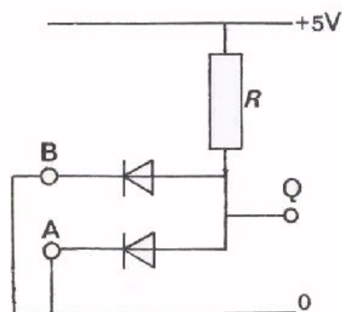
Dit is een schakeling met twee dioden, die de AND-functie vervult.
Men noemt deze schakeling ook wel een "AND-poort" of "AND-gate" (gate, uitgesproken "geet", is het engelse woord voor poort).
De ingangen zijn de klemmen A en B, de uitgang is de klem Q.

Voordat we ingaan op de werking van de schakeling, maken we enkele afspraken.

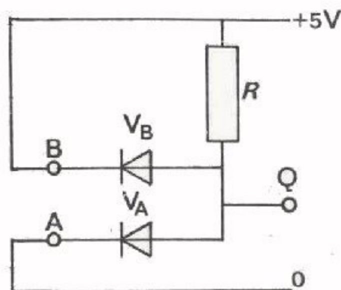
- We bespreken alleen schakelingen met een *positieve voedingsspanning.*
- We zorgen er steeds voor dat de spanning van een ingangsklem óf 0 V is, óf gelijk is aan de voedingsspanning (in dit voorbeeld + 5 V). De spanning van een uitgangsklem is óf ongeveer 0 V óf ongeveer gelijk aan de voedingsspanning.
- De toestand U_A = 0 V duiden we aan met A = 0.
  De toestand U_A = 5 V duiden we aan met A = 1.
  Zo wordt met Q = 0 bedoeld $U_Q \simeq$ 0 V,
  en wordt met Q = 1 bedoeld $U_Q \simeq$ 5 V.

Aan de ingang kunnen zich vier gevallen voordoen. Deze zijn in de waarheidstabel hiernaast gegeven. Voor elk geval gaan we bekijken hoe de schakeling zich gedraagt.

A	B	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

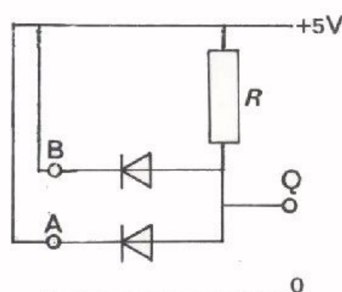


Als **A = 0 en B = 0** wil dit zeggen U_A = 0 V en U_B = 0 V.
Via de weerstand *R* vloeit er een stroom door de beide dioden. Over elke diode staat nu een kleine positieve spanning. Punt Q heeft dus een spanning die gelijk is aan de kleine doorlaatspanning van de dioden. Deze kleine spanning stelt men gelijk aan nul: Q = 0.



Als | A = 0 en B = 1 | wil dit zeggen U_A = 0 V en U_B = +5 V. Via de weerstand R vloeit er een stroom door de diode V_A. Omdat ingang B aan +5 V is gelegd, is diode V_B gesperd. Dank zij diode V_A blijft toch gelden dat Q = 0.

Als | A = 1 en B = 0 | is de toestand van de schakeling gelijk aan de vorige. Alleen de dioden zijn van rol verwisseld. Ook nu geldt: Q = 0.



Als | A = 1 en B = 1 | staat er géén spanning over de serieschakeling van R en de dioden. Er loopt dus geen stroom door R, zodat uitgang Q een spanning heeft die gelijk is aan de voedingsspanning. Nu geldt Q = 1.

In de waarheidstabel zijn de waarden voor Q ingevuld. De schakeling gedraagt zich inderdaad als AND-schakeling. Immers Q = 1 als A = 1 EN B = 1. In alle andere gevallen is Q = 0.

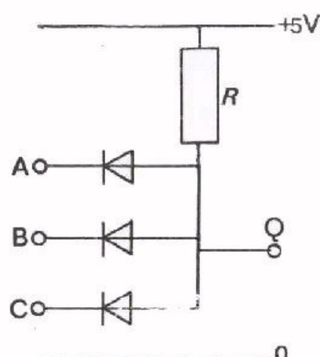
A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Wat heeft de AND-poort met dioden te maken met de schakelaars in het voorbeeld van de AND-functie, bij het begin van deze les?

In de praktijk zal een schakeling voor het in- en uitschakelen van een lamp met mechanische schakelaars worden uitgevoerd. Dit treft u in elke huiskamer aan. Zou men daarvoor dioden gebruiken, dan zou dit de schakeling onnodig ingewikkeld en duur maken. Het komt echter voor dat in één systeem tientallen AND-functies nodig zijn bijvoorbeeld in elektronische rekenmachines. Dan loont het zeker de moeite de AND-poort met dioden toe te passen. De ingangen van de AND-poorten worden dan vanuit de voorafgaande schakelingen voorzien van 0 V of 5 V. Aan de uitgang ontstaat óf een spanning $U_Q \simeq 0$ V óf $U_Q \simeq 5$ V. Deze uitgangsspanning staat ter beschikking om één of meer volgende schakelingen te bedienen.

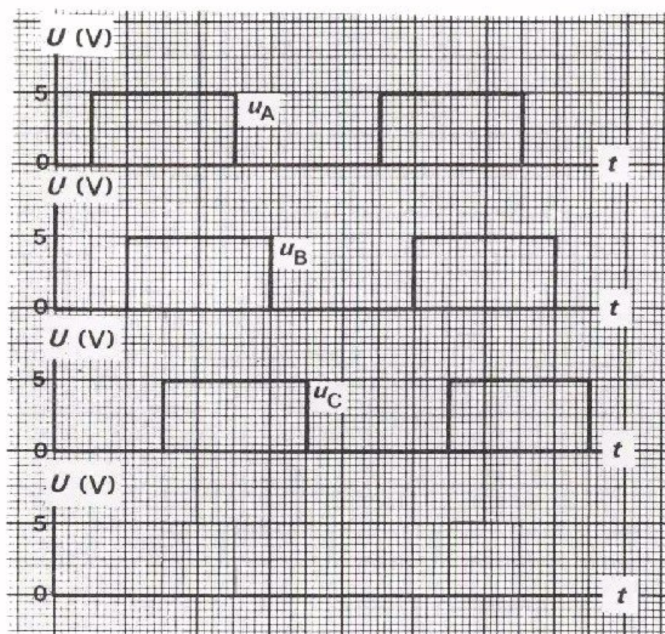
OEFENINGEN

1. Hieronder staat een AND-poort met drie dioden. Maak de waarheidstabel voor deze schakeling compleet.



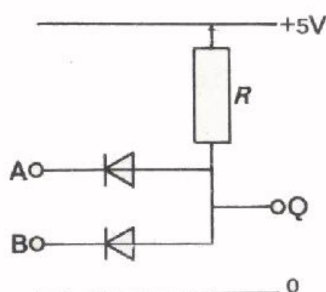
A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

2. De toegevoerde spanningen aan de ingangen van deze AND-poort verlopen zoals hieronder is getekend.



- Ga met behulp van de waarheidstabel na hoe de uitgangsspanning u_Q verloopt.
- Teken in de onderste grafiek het verloop van u_Q.

3.



Ga na, welke toestand (0 of 1) de uitgang Q van deze AND-poort in elk van de volgende ingangssituaties heeft.

Ingang A	Ingang B	Q
Verbonden met +5 V	Verbonden met +5 V	
Niet aangesloten(zwevend)	Niet aangesloten(zwevend)	
Verbonden met +5 V	Zwevend	
Verbonden met +5 V	Verbonden met 0	
Zwevend	Verbonden met +5 V	
Verbonden met 0	Verbonden met +5 V	
Verbonden met 0	Verbonden met 0	
Verbonden met 0	Zwevend	
Zwevend	Verbonden met 0	

Van een AND-poort weten we dat: Q = 1 als A = 1 EN B = 1

Een "zwevende" ingang van een AND blijkt hetzelfde effect te hebben als een ingang die aangesloten is op [1 / 0] ★

> B = 0 wil dus zeggen dat ingang B verbonden moet zijn met 0 en NIET zwevend gelaten mag worden.

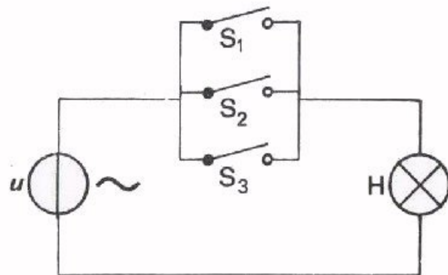
Hebben we in een bepaald geval van een AND-poort met vijf ingangen slechts vier ingangen nodig, dan kunnen we de vijfde ingang laten zweven.

Omdat een zwevende ingang echter gemakkelijk storingen "oppikt" wordt deze niet-gebruikte ingang dikwijls verbonden met +. Hierdoor verandert de werking van de AND-poort niet terwijl het "oppikken" van stoorsignalen wordt vermeden.

★ Bij dit soort keuze-antwoorden, steeds het *onjuiste* antwoord doorstrepen.

DE OR-FUNCTIE

We geven nog eens het voorbeeld van een schakeling die de OR-functie heeft.



De lamp H brandt als S_1 gesloten is, OF als S_2 gesloten is, OF als S_3 gesloten is, OF als twee of drie schakelaars gesloten zijn.

We kunnen dit weer korter zeggen met de afspraken:

- S gesloten, is toestand 1.
- S open, is toestand 0.

- Lamp brandt is toestand 1.
- Lamp brandt niet, is toestand 0.

We krijgen dan:

H = 1 als S_1 = 1 OF S_2 = 1 OF S_3 = 1 OF meerdere schakelaars zijn 1.

Ook voor de OR-functie kan een waarheidstabel opgesteld worden, die overzichtelijk weergeeft hoe de schakeling reageert op de verschillende combinaties van ingangstoestanden.

S_1	S_2	S_3	H
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

- Maak de tabel compleet.

OEFENINGEN

1. De lamp H voor de binnenverlichting van een auto brandt als het linkerportier open is, OF het rechterportier open is, OF de schakelaar bij de lamp op "aan" staat, OF als aan twee of drie van deze voorwaarden is voldaan.

   - Maak de waarheidstabel compleet.

   A. "linkerportier open" is ☐
      "dit portier dicht" is ☐
   B. "rechterportier open" is ☐
      "dit portier dicht" is ☐
   C. "schakelaar aan" is ☐
      "schakelaar uit" is ☐
   H. "lamp brandt" is ☐
      "lamp brandt niet" is ☐

A	B	C	H
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

2. Een bankfiliaal met twee loketten L_1 en L_2 en een kas K heeft een alarminrichting. Het alarm treedt in werking als OF de beambte van L_1 op een knop drukt, OF die van L_2 op een knop drukt, OF de kassier K op een knop drukt, OF als meerdere beambten op hun knop drukken.
   - Geef hieronder aan welke toestanden met 0 of 1 moeten worden aangeduid.

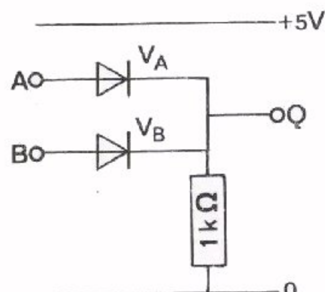
   - Vul de waarheidstabel verder in.

   "op knop drukken" is ☐
   "niet drukken" is ☐
   "alarm H werkt" is ☐
   "geen alarm" is ☐

L_1	L_2	K	H
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

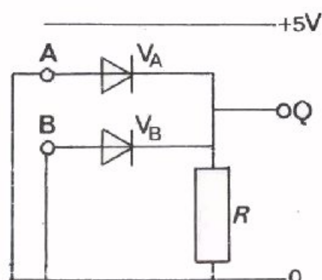
DE OR-FUNCTIE MET DIODEN

Ook de OR-functie kan men met dioden verwezenlijken. Hier is een schakeling met twee dioden getekend, die de OR-functie vervult. A en B zijn de ingangen, Q is de uitgang. Zowel voor A als voor B geldt: U = 0 V óf U = 5 V. We geven U_A = 5 V aan met A = 1 en U_A = 0 V met A = 0. Op dezelfde manier worden U_B en U_Q aangegeven.

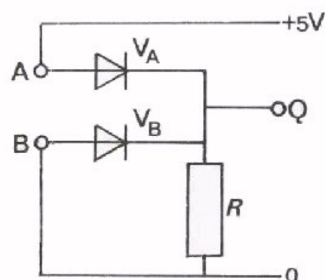


Aan de ingang kunnen zich vier gevallen voordoen. Deze zijn in de waarheidstabel gegeven. We gaan elk van de gevallen bekijken.

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

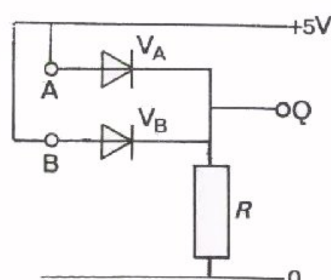


Als **A = 0 en B = 0** dan staat er geen spanning over de serieschakeling van R en de dioden. Dus over R staat geen spanning en Q = 0.



Als **A = 1 en B = 0** dan loopt er een stroom via de diode V_A en de weerstand R. Verwaarlozen we de doorlaatspanning van V_A dan is U_Q = 5 V of Q = 1. De spanning over R maakt Q positief ten opzichte van B, zodat diode V_B gesperd is.

Als **A = 0 en B = 1** dan zijn de dioden van rol gewisseld en gedraagt de schakeling zich precies hetzelfde: Q = 1.



Als **A = 1 en B = 1** dan loopt er via beide dioden stroom door R. Ook dan is Q = 1.

Samenvattend komen we tot de waarheidstabel van de OR-functie.

A	B	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

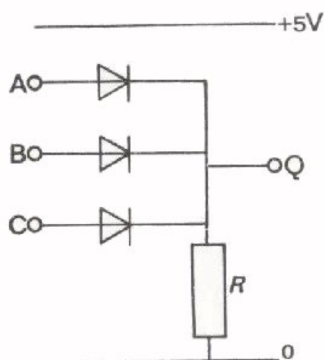
Hieruit lezen we:

Q = 1 als A = 1 OF B = 1 OF A = 1 én B = 1.

OEFENINGEN

1. Hieronder staat de schakeling van een OR-poort met drie dioden.

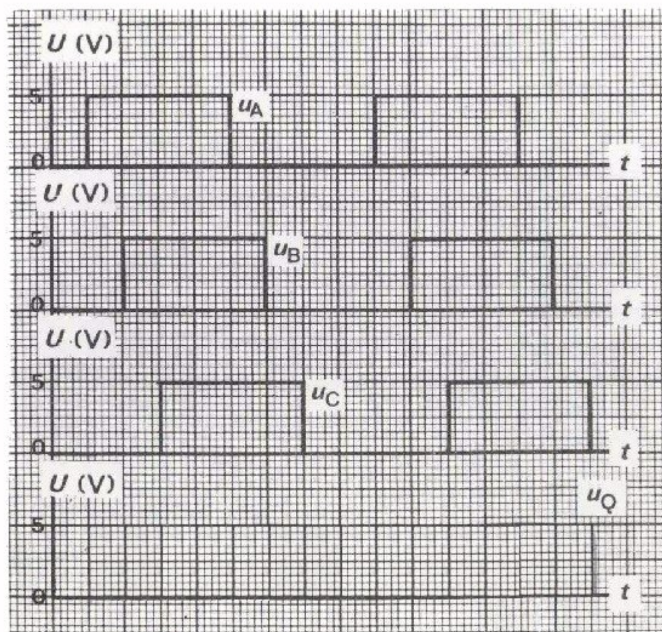
   - Maak de bijbehorende waarheidstabel compleet. De spanningen U_A, U_B of U_C kunnen 0 V of +5 V zijn.



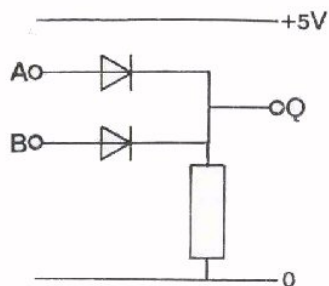
A	B	C	Q
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

2. De ingangsspanningen van deze OR-poort verlopen zoals hier is getekend.

   - Ga met behulp van de waarheidstabel na hoe de uitgangsspanning u_Q verloopt.



- Teken dit verloop van u_Q.



- Ga na welke toestand (0 of 1) de uitgang Q van deze OR-poort in elk van de volgende ingangssituaties heeft.

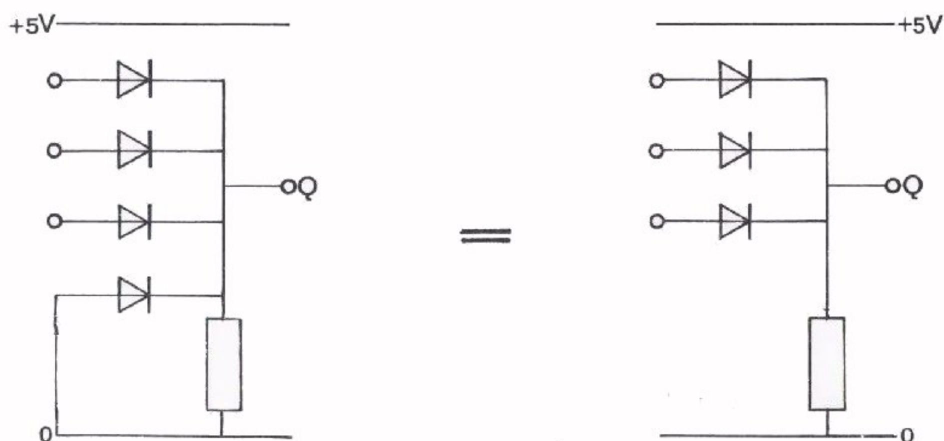
Ingang A	Ingang B	Q
Niet aangesloten(zwevend)	Niet aangesloten (zwevend)	
Verbonden met 0	Verbonden met 0	
Zwevend	Verbonden met 0	
Verbonden met +5 V	Verbonden met 0	

Van een OR-poort weten we dat:

Q = 1 als A = 1 OF B = 1 OF A = 1 én B = 1

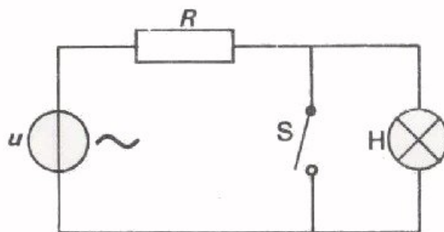
Een "zwevende" ingang van een OR blijkt hetzelfde effect te hebben als een ingang die aangesloten is op | 0 / 1 |

Zijn van een OR-poort met vier ingangen, slechts drie ingangen nodig, dan kan men de vierde ingang laten zweven. Om het "oppikken" van storing te vermijden legt men een niet-gebruikte ingang meestal aan 0, wat voor de werking van de OR-poort geen verschil maakt.



DE NOT-FUNCTIE

Hier is nóg eens de schakeling met de NOT-functie.



De serieweerstand *R* is aangebracht om te voorkomen dat de spanningsbron door het sluiten van S kortgesloten wordt.

Lamp H brandt als de schakelaar S *niet* gesloten is.

We kunnen dit korter zeggen met behulp van "0" en "1". Afspraken zijn:

"S open" is	S = 0.
"S gesloten" is	S = 1.
"H brandt niet" is	H = 0.
"H brandt" is	H = 1.

Met deze afspraken geldt:

H = 1 als S = 0, of **H = 1 als S ≠ 1**

Het teken ≠ betekent "is NIET".

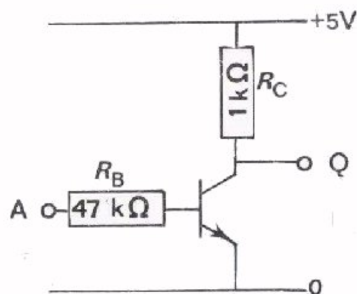
Ook de NOT-functie is met een waarheidstabel weer te geven.

S	H
0	1
1	0

Het gegeven voorbeeld van een NOT-functie is nogal gezocht. Praktisch zal men dit nooit zo doen. Bij elektronische uitvoeringen van digitale schakelingen komt de NOT-functie op natuurlijke wijze naar voren. Hiermee gaan we nu kennis maken.

DE NOT-FUNCTIE MET EEN TRANSISTOR

Als men een transistor in GES als schakelaar gebruikt, heeft men met een NOT-functie te maken. (GES = Gemeensch. Emitter Schakeling).



Hier is een GES getekend.

Als U_A = 0 V, dan trekt de transistor geen stroom. Door R_C loopt geen stroom en U_Q = +5 V.

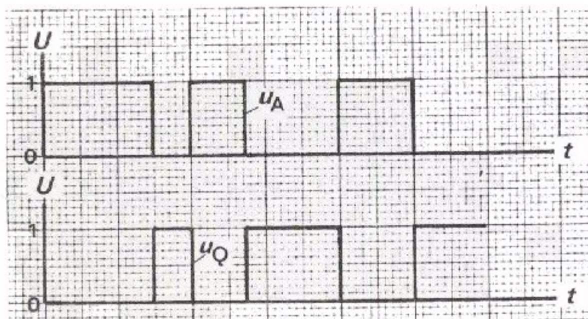
Kortweg: Q = 1 als A = 0
of Q = 1 als A ≠ 1

Men ontwerpt de schakeling altijd zó, dat de transistor in verzadiging is als U_A gelijk is aan de voedingsspanning (in ons voorbeeld U_A = +5 V). In dat geval is U_{CE} minimaal en iets groter dan 0 V. We kunnen dan zeggen: $U_Q = U_{CE} \approx 0$ V.

A	Q
0	1
1	0

Kortweg: Q = 0 als A = 1
of Q = 0 als A ≠ 0

Samenvattend komt men tot de waarheidstabel voor de NOT-functie die voor deze transistor in GES geldt. Het uitgangssignaal is steeds tegengesteld aan het ingangssignaal. Men zegt dat Q het "omgekeerde" is van A en noemt deze functie daarom een "omkeer-functie". Uit nevenstaand voorbeeld van het verloop van u_A en het daarbij optredende verloop van u_Q zal dit duidelijk worden. Het verloop van u_Q is het omgekeerde van het verloop van u_A.



OPMERKING

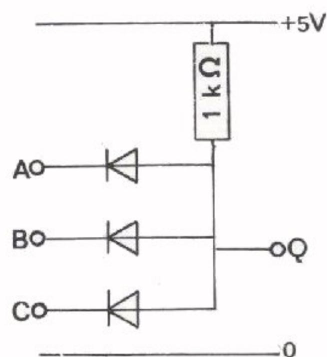
Men geeft de "omkeer-functie" vaak de engelse naam INVERTER. (uitgesproken invutu).

In plaats van "omkeren" spreekt men meestal van "inverteren".

OPDRACHT: EEN AND-, EEN OR- EN EEN NOT-FUNCTIE

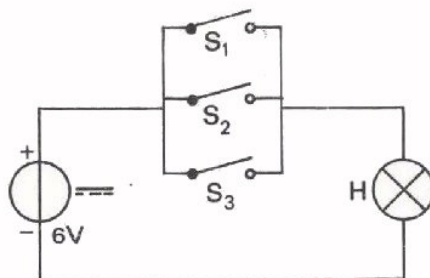
U hebt kennis gemaakt met de drie belangrijkste basisfuncties die in de digitale techniek worden gebruikt. U gaat nu meten aan schakelingen die deze functies vervullen.

- Bouw achtereenvolgens onderstaande schakelingen.
- Voer de in het schema vermelde voedingsspanning toe.
- Meet voor elke combinatie van ingangstoestanden of de uitgang Q in toestand 0 of 1 verkeert. Noteer dit in de tabel bij de schakeling.
- Bepaal aan de hand van de ingevulde waarheidstabel de functie van elke schakeling.



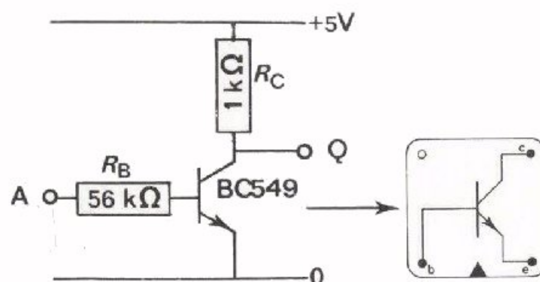
A	B	C	Q
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

- functie



S_1	S_2	S_3	H
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

- functie



A	Q
0	
1	

- functie

SAMENVATTING

- De drie belangrijkste basisfuncties in de digitale techniek zijn:

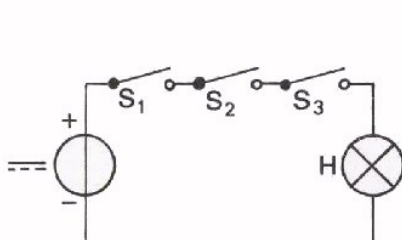
  de AND-functie (EN-functie)

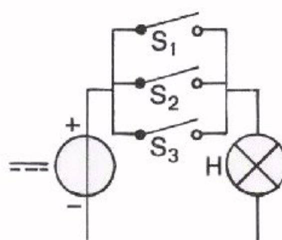
  de OR -functie (OF-functie)

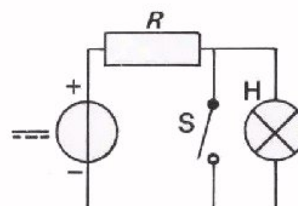
  de NOT-functie (NIET-functie)

  Wij gebruiken voortaan de engelse benamingen.

- Voorbeelden van schakelingen met deze functies zijn te geven met behulp van schakelaars en een lamp.







AND-functie	OR-functie	NOT-functie
H brandt als:	H brandt als:	H brandt als:
S_1 EN S_2 EN S_3 gesloten zijn.	S_1 OF S_2 OF S_3 OF meer dan één schakelaar gesloten zijn.	S NIET gesloten is H brandt NIET als: S gesloten is.

- Met behulp van de volgende *afspraken* kan de werking of functie van een schakeling kort verteld worden.

  - Een actieve toestand noemen we toestand 1.
  - Een niet-actieve toestand noemen we toestand 0.

  Voorbeelden:

  "Lamp H brandt" is de actieve toestand van de lamp, dus de toestand 1 van H. "Schakelaar S is open" is de niet actieve toestand van de schakelaar, dus de toestand 0 van S.

  Dit vermelden we zo kort mogelijk op de volgende wijze:

  "H brandt" wordt "H = 1".

  "S is open" wordt "S = 0".

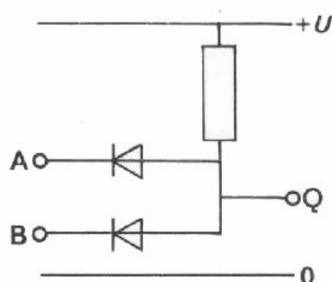
- Van de verschillende schakelingen kan men de werking overzichtelijk weergeven met behulp van een *waarheidstabel*. Voor bovenstaande schakelingen wordt dit:

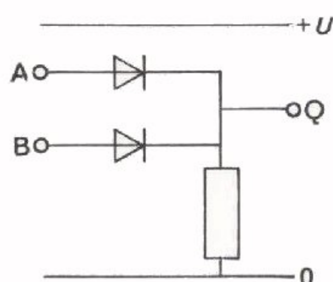
AND			
S_1	S_2	S_3	H
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

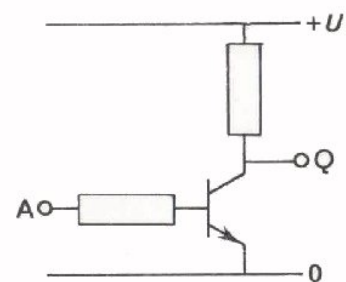
OR			
S_1	S_2	S_3	H
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

NOT	
S	H
0	1
1	0

- Voorbeelden van elektronische schakelingen met de drie basisfuncties.







AND-functie

A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR-functie

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOT-functie

A	Q
0	1
1	0

- We spreken af:
  - We beperken ons tot voorbeelden met *positieve voedingsspanning*.
  - We zorgen ervoor dat op elke ingangs- of uitgangsklem de *spanning* 0 of de *voedingsspanning* U aanwezig is.
  - Aanwezigheid van spanning U is de actieve toestand die we aanduiden met 1.
  - Aanwezigheid van spanning 0 V is de niet-actieve toestand die we aanduiden met 0.
  - Spanningstoestanden geven we kort als volgt aan:

"U_A = U volt" wordt A = 1

"U_Q = 0 volt" wordt Q = 0

- De boven gegeven AND-, OR- en NOT-functies kunnen we nu omschrijven als:

AND	$Q = 1$ als $A = 1$ EN $B = 1$
OR	$Q = 1$ als $A = 1$ OF $B = 1$ OF $A = 1$ én $B = 1$
NOT	$Q = 1$ als $A = 0$ $Q = 0$ als $A = 1$

of ook

NOT	$Q = 1$ ALS $A \neq 1$ $Q = 0$ als $A \neq 0$

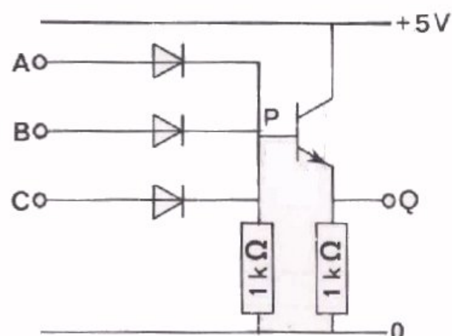
$\neq$ betekent "is niet".

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1.



- Op de ingangen A, B en C staat U = 0 V of U = 5 V.
- Als er een diode geleidt staat er 0,5 V over. Als de transistor geleidt is U_{BE} = 0,5 V.
- Geef in de spanningstabel voor elke mogelijke toestand aan, hoe groot U_p en U_Q zijn.
- Vul de waarheidstabel verder in.

We spreken af:

Q = 1 als $U_Q > 3$ V.

Q = 0 als $U_Q < 2$ V.

spanningen in volt

U_A	U_B	U_C	U_P	U_Q
0	0	0		
0	0	5		
0	5	0		
0	5	5		
5	0	0		
5	0	5		
5	5	0		
5	5	5		

toestanden (0 of 1)

A	B	C	Q
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

2.

- Op de ingangen A, B, C en D staat U = 0 V of U = 5 V.
- Er zijn nu 16 combinaties van ingangstoestanden mogelijk.
- Vul de kolom onder Q in.
- Welke functie heeft deze schakeling ?

  Een ____________ functie.

- Tracht deze functie hieronder onder woorden te brengen.

A	B	C	D	Q
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

COMBINATIES VAN AND-, OR- EN NOT-FUNCTIES

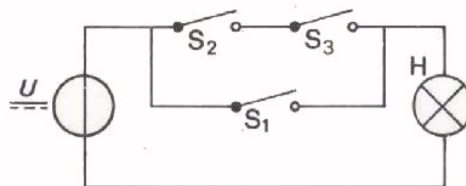
INLEIDING

In de vorige les hebt u kennis gemaakt met de functies AND, OR en NOT. Daarbij zijn een aantal afspraken gemaakt:

- we werken met positieve voedingsspanningen
- we gebruiken de symbolen "1" en "0" voor de twee mogelijke toestanden; 1 voor de actieve toestand en 0 voor de niet-actieve toestand.
- we noteren de werking van een digitale schakeling in een waarheidstabel.

In deze les combineren we de functies AND, OR en NOT.

Een eenvoudig voorbeeld:



- Lamp H brandt als: S_1 gesloten is

  OF

  S_2 EN S_3 gesloten zijn,

  OF

  S_1 EN S_2 EN S_3 gesloten zijn.

Dit is een combinatie van een OR-functie en een AND-functie. In deze les komen ook ter sprake:

- het aantal regels van een waarheidstabel.
- de teken-wijze (symbolen) van AND-, OR- en NOT-functies en hun toepassing in blokschema's.
- de algebraïsche notatie van AND-, OR- en NOT-functies.

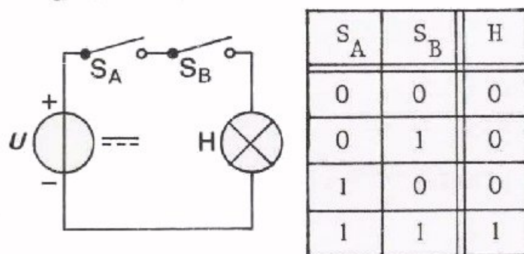
WAT WETEN WE AL ?

Op dit blad ziet u nog eens naast elkaar de basisschakelingen en de bijbehorende waarheidstabellen van de functies AND, OR en NOT. Hierbij hebben we afgesproken:

"1" betekent: schakelaar gesloten
lamp brandt
spanning aanwezig

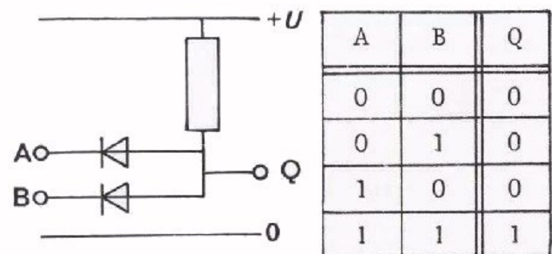
"0" betekent: schakelaar open
lamp brandt niet
spanning afwezig

- AND-functie



S_A	S_B	H
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

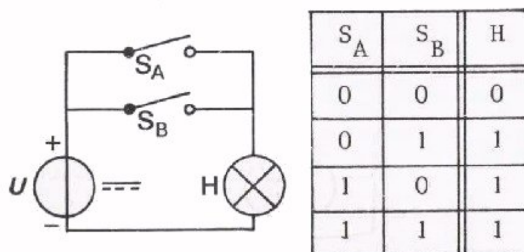
Lamp H brandt als:
S_A EN S_B gesloten zijn.



A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

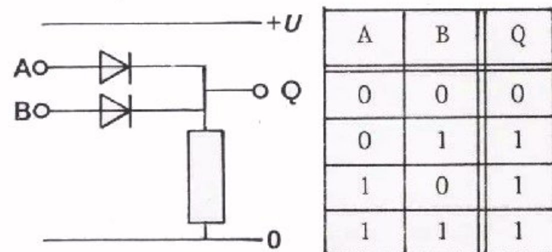
Uitgang Q = 1 als:
A = 1 EN B = 1.

- OR-functie



S_A	S_B	H
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

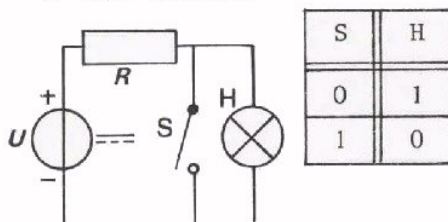
Lamp H brandt als:
S_A OF S_B OF beide gesloten zijn.



A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Uitgang Q = 1 als:
A = 1 OF B = 1 OF A én B = 1.

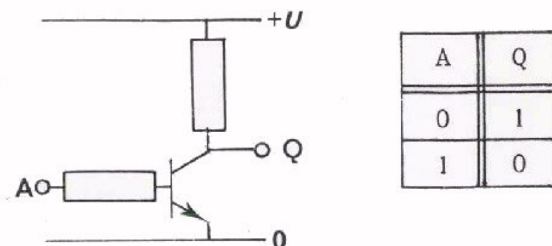
- NOT-functie



S	H
0	1
1	0

Lamp H brandt als:
S NIET gesloten is.

Lamp H brandt NIET als:
S gesloten is



A	Q
0	1
1	0

Uitgang Q = 1 als A ≠ 1.

Uitgang Q ≠ 1 als A = 1

DE GROOTTE VAN DE WAARHEIDSTABEL

In de vorige les hebt u kennis gemaakt met het begrip waarheidstabel. Wij zijn daarbij steeds uitgegaan van een gegeven tabel met één bepaald aantal regels. Uit hoeveel regels een tabel moet bestaan is van te voren te berekenen als bekend is hoeveel *ingangs*informaties A, B, C, enz. er zijn. Dit leggen we uit aan de hand van een aantal voorbeelden.

A	
0	← 1e regel
1	← 2e regel

Als er *een* ingangsinformatie A is, zijn er maar twee ingangstoestanden mogelijk: A = 0 en A = 1. We noemen het aantal mogelijke ingangstoestanden r. Voor dit eenvoudige geval geldt r = 2. Deze r is tevens het aantal regels van de tabel.

A	B
0	0
	1
1	0
	1

of

A	B
0	0
0	1
1	0
1	1

Als er *twee* ingangsinformaties zijn (A en B), zijn er 4 ingangstoestanden mogelijk: A = 0 is te combineren met B = 0 en B = 1; A = 1 is te combineren met B = 0 en B = 1. Door één ingangsinformatie meer wordt het aantal mogelijkheden 2x zo groot, r = 2 x 2 = 4 (dus 4 regels)

A	B	C
0	0	0
		1
	1	0
		1
1	0	0
		1
	1	0
		1

of

A	B	C
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Als er *drie* ingangsinformaties zijn (A, B en C), zijn er 8 ingangstoestanden mogelijk. Bij elke A-B combinatie kan C = 0 of C = 1 zijn. Weer is door één ingangsinformatie meer, het aantal mogelijkheden 2x zo groot geworden, r = 2 x 4 = 8 (dus 8 regels).

De rechtertabellen zijn de waarheidstabellen zoals deze gewoonlijk getekend worden. De linkertabellen zijn bedoeld om deze uitleg te begrijpen.

We kunnen dit nu als volgt samenvatten:

Bij 1 ingangsinformatie is het aantal regels $r = 2 = 2^1$

Bij 2 ingangsinformaties $r = 4 = 2^2$

Bij 3 ingangsinformaties $r = 8 = 2^3$

Op dezelfde manier kunt U nagaan dat bij 5 ingangsinformaties het aantal regels $r = 2^5 = 32$ is.

Noemen we het aantal ingangsinformaties n, dan geldt: $r = 2^n$.

Er zijn dan 2^n regels nodig.

HET MAKEN VAN EEN WAARHEIDSTABEL

Hoe stellen we een waarheidstabel op waarin alle mogelijke ingangstoestanden voorkomen ? We hebben dit op het voorgaande blad al gezien. We gaan dit stap voor stap nog eens bekijken.

Voorbeeld:

- Er zijn 4 ingangen: A, B, C en D ⟶ $n = 4$
- Het aantal kolommen bedraagt $n + 1$, namelijk één voor elke ingang plus één voor de uitgang ⟶ $4 + 1 = 5$ kolommen
- Het aantal regels bedraagt $r = 2^n$ ⟶ $r = 2^4 = 16$ regels
- Volgens deze gegevens tekenen we een tabel bestaande uit 5 kolommen en 16 regels.

KOLOMMEN

A	B	C	D	Q

← 1e REGEL
← 2e
← 3e
16 REGELS

- Bij het invullen beginnen we steeds met de laatste ingangskolom, in dit geval kolom D.
  Van boven af: 0,1,0,1,0,1,.....enz. ⟶ ZIE TABEL I
- Daarna de voorgaande kolom, in ons geval kolom C.
  Van boven af: 00,11,00,11,.....enz. ⟶ ZIE TABEL II
- Vervolgens kolom B.
  Van boven af: 0000,1111,0000,.....enz. ⟶ ZIE TABEL III
- Tenslotte kolom A.
  Van boven af: 00000000,11111111; ⟶ ZIE TABEL IV

A	B	C	D	Q
			0	
			1	
			0	
			1	
			0	
			1	

I

A	B	C	D	Q
		0	0	
		0	1	
		1	0	
		1	1	
		0	0	
		0	1	

II

A	B	C	D	Q
	0	0	0	
	0	0	1	
	0	1	0	
	0	1	1	
	1	0	0	
	1	0	1	

III

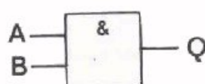
A	B	C	D	Q
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	

IV

- Als een waarheidstabel op deze wijze wordt getekend en ingevuld bent u er zeker van dat alle mogelijke ingangstoestanden aanwezig zijn.

SCHEMASYMBOLEN VOOR DE AND, OR EN NOT-FUNCTIE

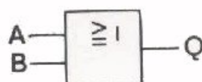
De AND en de OR kunnen op verschillende manieren worden gerealiseerd. De uitvoering met schakelaars en die met dioden hebben we reeds leren kennen. Schakelingen bestaande uit meerdere AND's en OR's worden in de vorm van een *blokschema* getekend. Een AND of een OR behoeft men dan niet in componenten te tekenen maar als een blokje. Dit bespaart veel werk en het schema wordt veel overzichtelijker. Op deze wijze laat men buiten beschouwing uit welke componenten de schakeling is opgebouwd.



A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Dit is het schemasymbool voor een AND met de bijbehorende waarheidstabel.

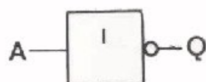
Het & teken geeft de "EN"-functie aan, ingangen A & B moeten 1 zijn, om Q = 1 te verkrijgen.



A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Dit is het schemasymbool voor een OR met de bijbehorende waarheidstabel.

Het ≥ 1 teken geeft aan dat het aantal ingangen dat 1 moet zijn om Q = 1 te verkrijgen, *groter* (>) of *gelijk* (=) aan één moet zijn.



A	Q
0	1
1	0

Dit is het symbool voor een NOT en de bijbehorende waarheidstabel.

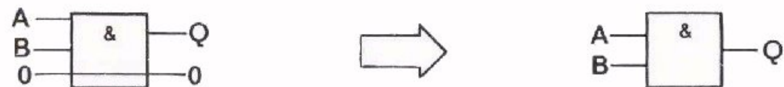
De 1 geeft aan dat één ingang 1 moet zijn om Q = 0 te verkrijgen. Het cirkeltje aan de uitgang geeft de omkeerfunctie aan.

OPMERKINGEN

Ingangen worden gewoonlijk aan de linkerkant, uitgangen aan de rechterkant getekend.

De uitgang wordt meestal aangeduid met de letter Q.

Voor de eenvoud wordt de gemeenschappelijke leiding van de ingang en de uitgang bij een blok niet getekend. In werkelijkheid is deze wel altijd aanwezig.



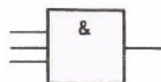
In onze lessen worden steeds bovenstaande symbolen gebruikt. In de praktijk kunt u ook andere symbolen aantreffen. Hieronder staan enkele van deze symbolen getekend.



OEFENINGEN

- Vul bij elk van de volgende functies de waarheidstabel in.
- Geef de naam aan van de functie.

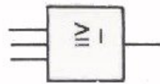
1.



A	B	C	Q
0	0	0	
		I	

- functie

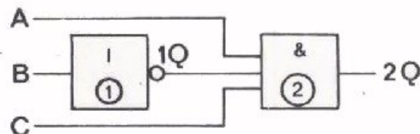
2.



A	B	C	Q
0	0	0	
		1	

[- functie]

3. Vul eerst in de kolommen onder A, B en C nullen en enen in.
   Bepaal daarna 1Q en vervolgens 2Q.



A	B	C	1Q	2Q

Dit is een combinatie van een [- functie] met een

[- functie]

OPMERKINGEN

- In schema's met twee of meer blokken geven we elk blok een nummer in een cirkeltje, bijvoorbeeld: ① , ② . ③ ,........
- De uitgang van elk blok geven we dan aan met de letter Q, VOORAFGEGAAN door het cijfer van het desbetreffende blok, bijv. 1Q, 2Q, 3Q, enz.

ALGEBRAISCHE NOTATIE VAN AND- EN OR-FUNCTIES

- De AND-functie wordt algebraïsch voorgesteld door een "maal-teken".

  Q = A EN B wordt geschreven als:

  Q = A x B of **Q = A . B** of Q = AB

  Spreek uit: "Q is A en B".

  Men kan voor het "maal-teken", zoals in de algebra gebruikelijk is, een x of . of "geen teken" schrijven. In deze lessen gebruiken wij de punt.

  We kennen nu *drie* manieren om een AND-functie weer te geven.

het schemasymbool	de waarheidstabel	de algebraïsche notatie
A B C & Q	(zie tabel hieronder)	Q = A . B . C

A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

- De OR-functie wordt algebraïsch voorgesteld door een "plus-teken".

  Q = A OF B wordt geschreven als: Q = A + B

  Spreek uit: "Q = A of B".

  Ook voor de OR kennen we nu *drie* manieren om deze functie aan te geven.

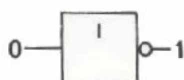
het schemasymbool	de waarheidstabel	de algebraïsche notatie
A B C ≥1 Q	(zie tabel hieronder)	Q = A + B + C

A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

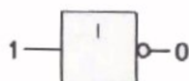
DE ALGEBRAISCHE NOTATIE VAN DE NOT-FUNCTIE

- De NOT-functie is een *omkeer*functie.

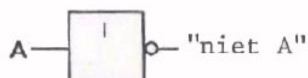
  Voorbeelden:



Als de ingang 0 is, is de uitgang Q = 1. We kunnen ook zeggen Q = "niet 0".



Als de ingang 1 is, is de uitgang Q = 0 Anders gezegd: Q = "niet 1".



Als de ingang A is, is de uitgang Q het omgekeerde van A. Anders gezegd: Q = "niet A".

De uitdrukkingen "niet 0", "niet 1" en "niet A", wijzen op een NOT-functie. Algebraisch wordt dit aangegeven door een horizontaal streepje boven de informatie.

Q = "niet 0" wordt geschreven als $Q = \bar{0}$

Q = "niet 1" wordt geschreven als $Q = \bar{1}$

Q = "niet A" wordt geschreven als $Q = \bar{A}$

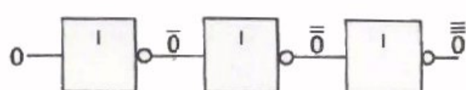
Spreek uit: "niet nul", "niet een" en "niet A".

Drie manieren om de NOT-functie aan te geven zijn:

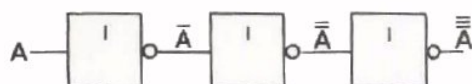
het schemasymbool	de waarheidstabel	de algebraïsche notatie
	A | Q 0 | 1 1 | 0	$Q = \bar{A}$

Wordt de informatie meer dan een keer omgekeerd, dan kunnen we dit aangeven door meer streepjes boven de informatie te zetten.

Voorbeelden:



Het uitgangssignaal $\bar{\bar{\bar{0}}}$ is verkregen door het ingangssignaal 0 driemaal te inverteren.



Het uitgangssignaal $\bar{\bar{\bar{A}}}$ is verkregen door het ingangssignaal A driemaal te "inverteren".

OEFENINGEN

1. Geef onderstaande informaties eenvoudiger weer.

$\overline{0}$ = [ ] ; $\overline{\overline{0}}$ = [ ] $\overline{\overline{\overline{0}}}$ = $\overline{0}$ = 1

$\overline{\overline{A}}$ = [ ] ; $\overline{\overline{\overline{A}}}$ = [ ]

Bepaal de waarde van Q in de oefeningen 2 t/m 8.

2. $A \cdot B \cdot C = Q$ A = 1 B = 0 C = 0 Q = [ ]

3. $A + B + C = Q$ A = 1 B = 0 C = 1 Q = [ ]

4. $A \cdot B \cdot \overline{C} = Q$ A = 1 B = 1 C = 1 Q = [ ]

5. $A + \overline{B} + C = Q$ A = 0 B = 0 C = 0 Q = [ ]

6. $A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} = Q$ A = 1 B = 0 C = 1 Q = [ ]

7. $\overline{\overline{A}} + B + C = Q$ A = 0 B = 0 C = 0 Q = [ ]

8. $\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} = Q$ A = 0 B = 0 C = 0 Q = [ ]

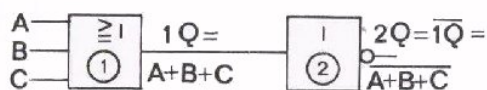
Schrijf de uitgangsinformaties in de oefening 9 en 10 eenvoudiger.

9. $Q = \overline{\overline{0}}$ = [ ] $Q = \overline{\overline{1}}$ = [ ]

10. $Q = \overline{\overline{\overline{0}}} + \overline{\overline{1}} + \overline{0}$ = [+ +] = [ ]

$Q = \overline{1} \cdot \overline{\overline{0}} \cdot \overline{\overline{\overline{0}}}$ = [. .] = [ ]

OPMERKING:



Wordt een signaal $1Q = A + B + C$ omgekeerd, dan wordt dit omgekeerde signaal $2Q = \overline{1Q} = \overline{A + B + C}$, uitgesproken als "niet (A of B of C)".

Let op:

De *gehele* uitkomst wordt voorzien van een "NOT-streep".

$\overline{A + B + C}$ is niet hetzelfde als $\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$.

EEN AND/OR COMBINATIE MET SCHAKELAARS

In de praktijk worden vaak combinaties van AND en OR-functies toegepast. Hier volgt een voorbeeld.

Een winkel heeft een automatisch bediende deur. De deuropener komt alleen in werking als:

de eigenaar de hoofdschakelaar heeft ingeschakeld (S_1)

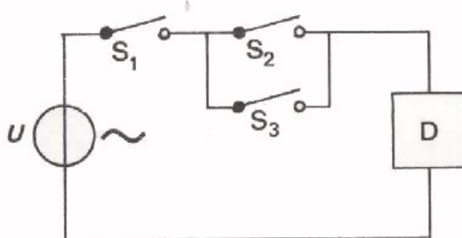
EN

(een klant op de buitendeurmat trapt (S_2)

OF

een klant op de binnendeurmat trapt (S_3))

Het schema van de deurbediening is nu als volgt.



S_1 = hoofdschakelaar

S_2 = deurmatschakelaar buiten

S_3 = deurmatschakelaar binnen

D = deuropener (b.v. motor)

De ingangsinformaties worden verkregen van S_1, S_2 en S_3. Er zijn dus drie ingangsinformaties $n = 3$.

De waarheidstabel van deze schakeling moet bestaan uit:

$$r = 2^n = 2^3 = 8 \text{ regels.}$$

De waarheidstabel wordt:

S_1	S_2	S_3	D
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Ga voor Uzelf na of de tabel klopt.

deur open (laatste drie regels)

Algebraisch wordt de functie van deze AND/OR combinatie geschreven als:

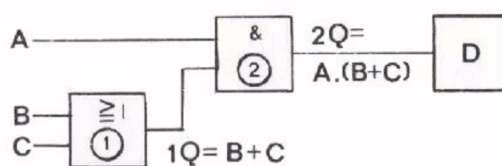
$$D = S_1 \cdot (S_2 + S_3)$$

($\cdot$ = AND, $+$ = OR)

DE AND/OR COMBINATIE IN BLOKSCHEMA

De automatische deurbediening is een voorbeeld van een AND/OR combinatie met schakelaars. Deze schakeling kunnen we ook tekenen als blokschema, waarin de functies worden voorgesteld als blokken. Dit blokschema geldt voor elke praktische uitvoering van de deurbediening, of deze nu elektrisch, elektronisch of met perslucht verwezenlijkt wordt.

Dit is het blokschema van de deurbediening van het vorige blad.



A komt overeen met S_1.

B komt overeen met S_2.

C komt overeen met S_3.

2Q is het signaal voor D.

Om een schema beter te kunnen volgen kan men bij de uitgang van élk blok het uitgangssignaal aangeven.

In ons geval:

- Uitgang blok 1 1Q = B + C
- Uitgang blok 2 2Q = A . 1Q

Vervangen we 1Q door B + C dan kan deze AND/OR functie algebraïsch geschreven worden als:

$$2Q = A \cdot (B + C)$$

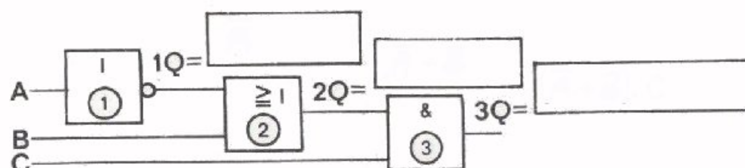
Vullen we voor A, B, C en 2Q nu in S_1, S_2, S_3 en D dan volgt:

$$D = S_1 \cdot (S_2 + S_3)$$

U ziet dat het blokschema overeenkomt met het schema van het vorige blad (zie laatste regel van blad 11).

OEFENING

Geef de uitgangssignalen van de blokken 1, 2 en 3 in formulevorm aan.
Vul de waarheidstabel in.



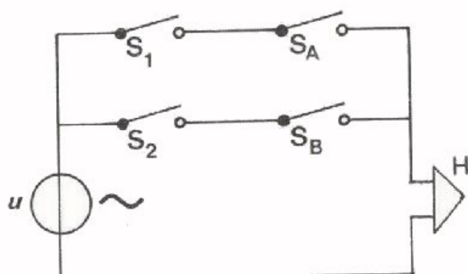
OPMERKING

- Vul eerst de kolommen A, B en C op de bekende manier in.
- Vul kolom 1Q in.
- Daarna kolom 2Q.
- Vervolgens kolom 3Q.

A	B	C	1Q	2Q	3Q

EEN ANDERE AND/OR COMBINATIE

We geven een ander voorbeeld. Een gebouw heeft twee ingangen, één aan de voorkant en één aan de achterkant. Elke ingang moet apart bewaakt kunnen worden door een alarminrichting. De daarvoor benodigde schakeling is hier getekend.



Als S_1 gesloten wordt is de ingang aan de voorzijde bewaakt. Opent iemand de vooringang, dan sluit deurschakelaar S_A en begint de sirene H te loeien. De ingang aan de achterzijde is bewaakt als S_2 gesloten is. Wordt de achteringang geopend dan sluit deurschakelaar S_B.

De sirene loeit als: (S_1 EN S_A) gesloten zijn

OF

(S_2 EN S_B) gesloten zijn

OF

alle schakelaars S gesloten zijn.

De sirene loeit als H = 1 (actieve toestand). In formulevorm is dit het geval als:

$$H = (S_1 \cdot S_A) + (S_2 \cdot S_B) = 1$$

Deze formule moet U lezen als:

H = 1 als S_1 = 1 EN S_A = 1 OF S_2 = 1 EN S_B = 1.

De algebraïsche notaties geven steeds de ingangsvoorwaarden waarbij de uitgang *actief* is, dus voor Q = 1 (in dit geval voor H = 1).

U weet dat bij het "gewone" rekenen vermenigvuldigen vooraf gaat aan optellen. Wil men een andere volgorde, dan moet men haakjes gebruiken.

Voorbeelden: 3 x 4 + 5 x 2 = 12 + 10 = 22

3 x (4 + 5) x 2 = 3 x 9 x 2 = 54

Bij de algebraïsche notatie in de digitale techniek houdt men dezelfde regel aan:

het "maal-teken" gaat vooraf aan het "plus-teken"

. gaat vooraf aan +

Passen we deze regel toe dan schrijven we de formulering van de schakeling als:

$$\boxed{H = S_1 \cdot S_A + S_2 \cdot S_B}$$

VRAAG:

Mag u in de formule Q = A . (B + C) van blad 12 de haakjes weglaten?

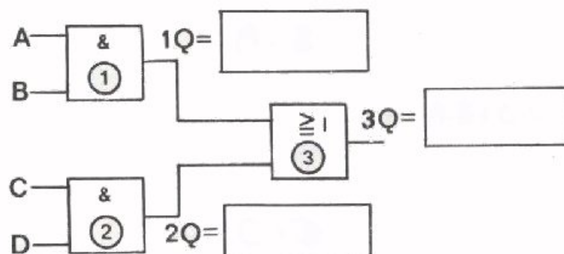
JA / NEEN

HET BLOKSCHEMA

Van de alarmschakeling van blad 13 is weer een blokschema te tekenen.

- Vergelijk dit blokschema met de schakeling van het vorige blad.

Vul nu in:



A komt overeen met ☐

B komt overeen met ☐

C komt overeen met ☐

D komt overeen met ☐

3Q is het signaal voor ☐

- Geef de algebraïsche notatie van 1Q en 2Q en noteer deze in het schema.

1Q = ☐

2Q = ☐

- Doe hetzelfde voor uitgang 3Q.

3Q = ☐

- Het aantal ingangen van de schakeling is n = ☐

- Vul nu de waarheidstabel voor de gehele schakeling in.

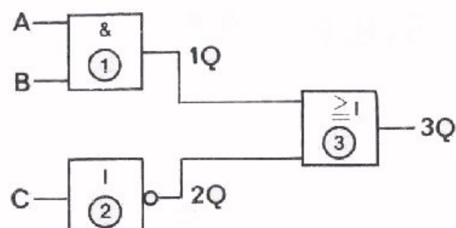
A	B	C	D	1Q	2Q	3Q

Geef met een pijltje aan bij welke regels de sirene loeit.

OEFENINGEN

U moet in een blokschema kunnen aangeven welke signalen er op de verschillende punten aanwezig zijn bij gegeven ingangssignalen. Daarom volgen hier enkele oefeningen.

1. Geef de algebraïsche notatie voor 1Q, 2Q en 3Q.

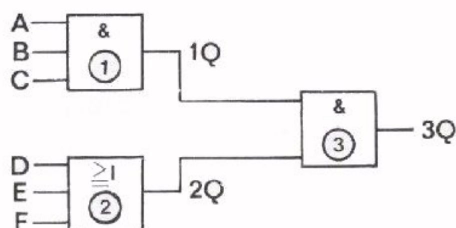


1Q =

2Q =

3Q = 1Q + 2Q =

2. Geef de algebraïsche notatie voor 1Q, 2Q en 3Q.

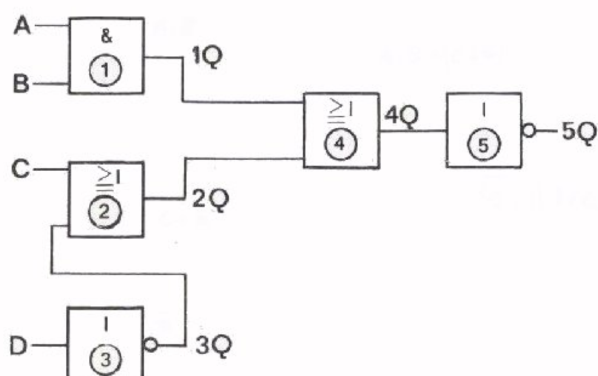


1Q =

2Q =

3Q =

3. Geef de algebraïsche notatie voor 1Q, 2Q, 3Q, 4Q en 5Q.



1Q =

3Q =

2Q = =

4Q =

5Q =

SAMENVATTING

- Als een functieblok n ingangen heeft, bedraagt het aantal mogelijke ingangstoestanden

$$r = 2^n$$

De *waarheidstabel* van het systeem moet dan 2^n regels bevatten.
Voorbeeld:

als er $n = 5$ ingangen zijn, moet de waarheidstabel
$r = 2^5 = 32$ regels bevatten.

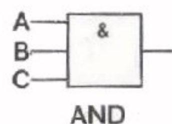
- Bij een waarheidstabel vergeet u geen mogelijke ingangstoestanden als de tabel als volgt wordt ingevuld:

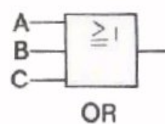
A	B	C	D
			0
			1
			0
			1
			0
			1
			0
			1
			0

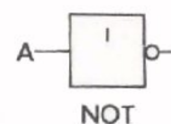
A	B	C	D
		0	0
		0	1
		1	0
		1	1
		0	0
		0	1
		1	0
		1	1
		0	0

A	B	C	D
	0	0	0
	0	0	1
	0	1	0
	0	1	1
	1	0	0
	1	0	1
	1	1	0
	1	1	1
	0	0	0

- De schemasymbolen voor AND-, OR- en NOT-functies zijn:







- Elk blok voorzien we van een nummer, dat door een cirkeltje omgeven is: ① , ② , ③ ,...... enz. De uitgangsinformaties duiden we dan aan met: 1Q, 2Q, 3Q, enz.

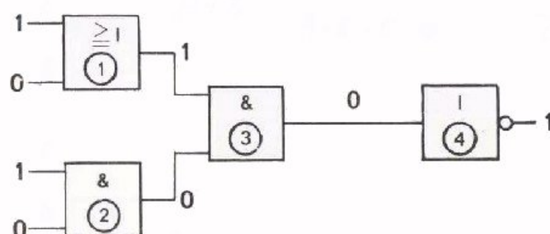
- *Ingangen* tekenen we gewoonlijk aan de linkerkant, *uitgangen* aan de rechterkant.

● De algebraïsche notatie van de verschillende functies is:

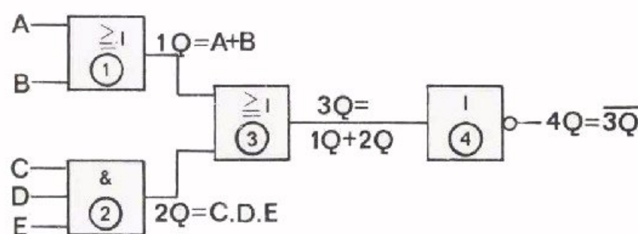
AND	Q is gelijk aan "A EN B"	$Q = A \times B = A \cdot B = AB$
OR	Q is gelijk aan "A OF B"	$Q = A + B$
NOT	Q is gelijk aan "niet 1"	$Q = \overline{1}$
	Q is gelijk aan "niet 0"	$Q = \overline{0}$
	Q is gelijk aan "niet A"	$Q = \overline{A}$
	Q is gelijk aan "niet (A OF B)"	$Q = \overline{A + B}$

● In een blokschema kan men met gegeven ingangssignalen nagaan hoe het met de signalen op de volgende punten is gesteld.

Voorbeeld 1

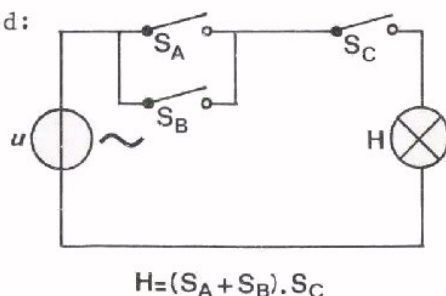


Voorbeeld 2

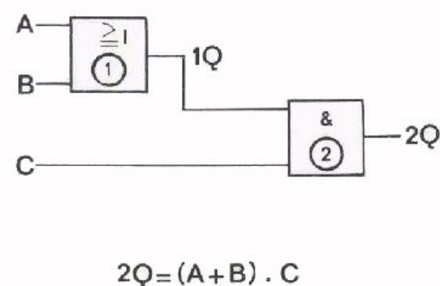


● Van een praktische schakeling kan men altijd een algemeen blokschema geven.

Voorbeeld:



$H = (S_A + S_B) . S_C$



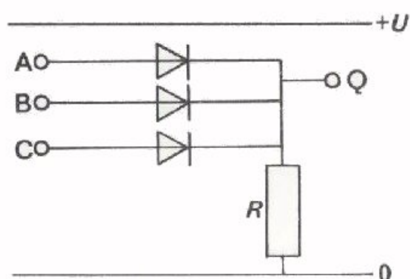
$2Q = (A+B) . C$

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1. ● Geef het functiesymbool van de volgende schakeling.



● Hoeveel combinatiemogelijkheden vindt men in de waarheidstabel van bovenstaande schakeling ?

Antwoord:

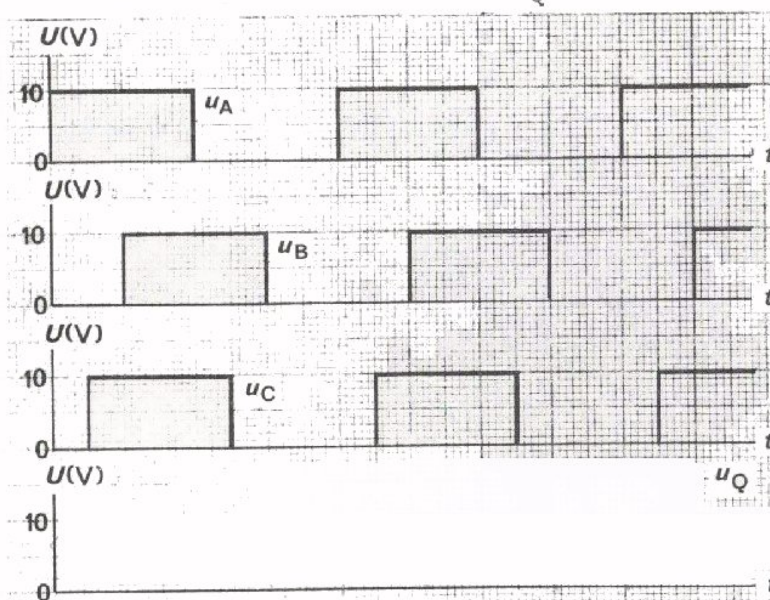
● Geef de algebraïsche notatie van deze functie.

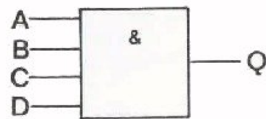
Q =

● Gegeven onderstaande signalen u_A, u_B en u_C.

Als de diode geleidt geldt $U_D \simeq 0$ V.

Teken het verloop van de uitgangsspanning u_Q.



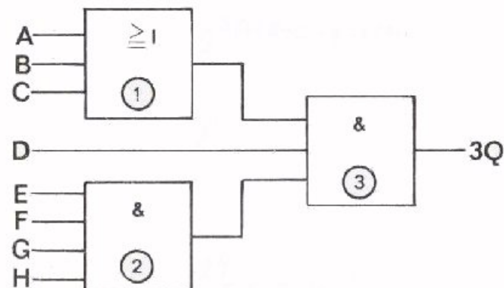


Dit symbool is van de [ ] - functie

Geef de algebraïsche notatie voor de

uitgang. Q = [ ]

3. Hoeveel combinaties van ingangstoestanden zijn bij onderstaande schakeling mogelijk?

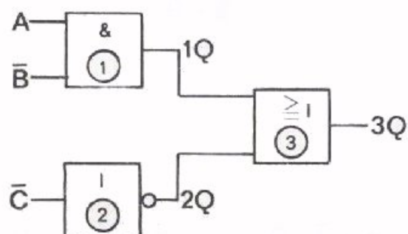


r = [ ]

De algebraïsche notatie van de uitgang 3Q is:

3Q = [ ]

4. Geef de algebraïsche notatie van 1Q, 2Q en 3Q van de schakeling.



1Q = [ ]

2Q = [ ]

3Q = [ ]

A	B	C	1Q	2Q	3Q

Vul de waarheidstabel in.

D 5

EXCLUSIEVE OR EN COMPARATOR

INLEIDING

In de vorige les hebben we enkele combinaties van AND-, OR- en NOT-functies besproken. In deze les bespreken we twee nieuwe functies, de *exclusieve or* en de *comparator*. Beide functies kunnen op verschillende manieren door combinaties van de functies AND, OR en NOT worden gerealiseerd.

De exclusieve OR is een bijzonder soort OR-functie. De uitgang van een "normale" OR is "1" als één OF *meer* ingangen "1" zijn. De uitgang van een "exclusieve" OR is "1" als één en *niet meer* dan één ingang "1" is.

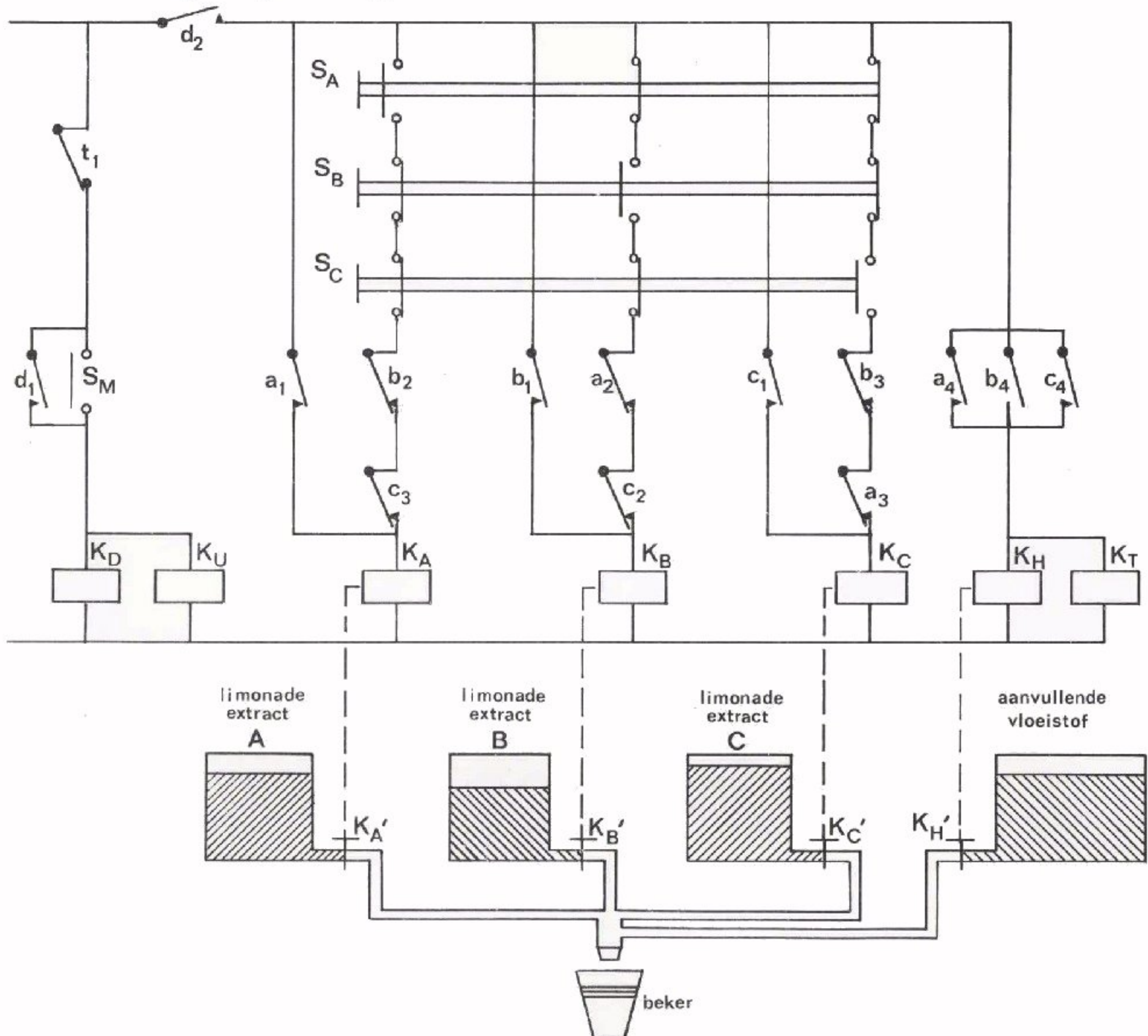
De comparator is een vergelijk-functie. De uitgang van een comparator is "1" als *alle* ingangen *gelijk* zijn, dus als *alle* ingangen "1" zijn, of als *alle* ingangen "0" zijn.

Zowel van de exclusieve OR als van de comparator behandelen we in deze les verschillende uitvoeringen. Hierbij beoefent u dan vanzelf het werken met algebraïsche notaties en het gebruik van waarheidstabellen.

EXCLUSIEVE OR MET SCHAKELAARS

Een limonadeautomaat kan bekers vullen met limonade A, OF met limonade B, OF met limonade C. Het mag niet voorkomen dat een beker met twee of drie soorten limonade tegelijk wordt gevuld.

Als men een munt in de automaat werpt, valt er een beker onder de kraan. Door één van de drie keuzeknoppen S_A, S_B en S_C in te drukken, wordt de beker gevuld. Als de beker vol is, sluit de kraan en is de automaat voor een volgend gebruik gereed.



- K_A, K_B en K_C zijn relais die zowel hun contacten als de kranen K_A', K_B' en K_C' bedienen.
- K_H' is een elektrisch bediende kraan.
- K_D is een relais.
- K_U is de beker-uitwerper.

- S_M is een schakelaar die sluit als de munt passeert.

- K_T is een tijd-relais, dat *vertraagd* aantrekt.

Door een munt in de automaat te werpen sluit schakelaar S_M even, waardoor relais K_D en "beker-uitwerper" K_U bekrachtigd worden. De relaiscontacten d_1 en d_2 sluiten en er valt een beker onder de vulkraan. Relais K_D blijft bekrachtigd via houdcontact d_1.

Men kiest bijvoorbeeld limonade B door even keuzeknop S_B in te drukken; relais K_B wordt bekrachtigd en de contacten b_1 en b_4 sluiten terwijl b_2 en b_3 openen.

- Relais K_B blijft bekrachtigd via houdcontact b_1.
- Relais K_A en K_C worden geblokkeerd door b_2 en b_3.
- Kraan K_B' wordt geopend door relais K_B.
- Kraan K_H' wordt geopend via contact b_4; relais K_T krijgt spanning.

De beker wordt gevuld met limonade-extract B en tegelijkertijd met aanvullende vloeistof. De kranen K_A' en K_C' blijven gesloten omdat relais K_A en K_C geblokkeerd zijn.
Het tijdrelais K_T (met contact t_1) zorgt ervoor dat slechts gedurende een vooraf ingestelde tijd vloeistof in de beker kan lopen. Zodra die tijd verstreken is (de beker is vol), opent contact t_1 van het tijdrelais K_T waardoor K_D niet meer bekrachtigd is. Alle relaiscontacten nemen hun oorspronkelijk stand weer in en de kranen K_B' en K_H' sluiten. De automaat is weer voor gebruik gereed.

Ga nu zelf eens na wat er gebeurt als er twee of drie keuzeknoppen tegelijk ingedrukt worden. Er mag dan niets gebeuren.

De limonadeautomaat L werkt alléén als slechts *één* van de keuzeknoppen ingedrukt wordt.

S_A	S_B	S_C	L	
0	0	0	0	
0	0	1	1	←
0	1	0	1	←
0	1	1	0	
1	0	0	1	←
1	0	1	0	
1	1	0	0	
1	1	1	0	

Dit is in een waarheidstabel weergegeven. Daarbij hebben we aangenomen:

S = 0 Schakelaar open
S = 1 Schakelaar gesloten
L = 0 Limonade-aut. werkt niet
L = 1 Limonade-aut. werkt

Met een pijltje is aangegeven wanneer de automaat werkt. Dat is het geval, als slechts *één* van de schakelaars S_A, S_B, S_C "1" is.

Een schakeling met een dergelijke waarheidstabel noemt men een EXCLUSIEVE OR. In het engels "exclusive OR", uitgesproken als "ekskloesiv or". Dikwijls noemt men deze functie kortweg een EX-OR.

EXCLUSIEVE OR OPGEBOUWD UIT AND, OR EN NOT

We bespreken een voorbeeld van een exclusieve OR bestaande uit AND-, OR- en NOT-functies. We gaan uit van een EX-OR met *twee* ingangen.

De uitgang van een exclusieve OR is 1 als slechts *één* ingang 1 is.

Dit is in de waarheidstabel weergegeven. We kunnen de tabel als volgt onder woorden brengen:

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$Q = 1$ als $A = 1$ EN $B = \overline{1}$

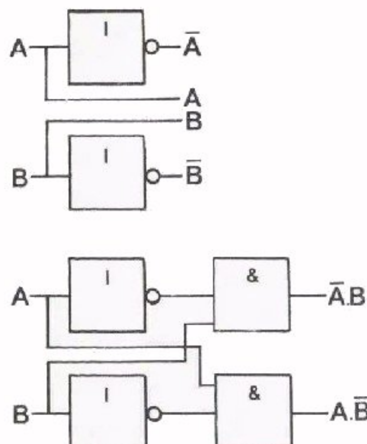
OF

$A = \overline{1}$ EN $B = 1$

In een algebraïsche formule geschreven wordt dit:

$$Q = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$$

Met behulp van deze formule bouwen we stap voor stap de schakeling op.



- Volgens de formule moeten we beschikken over:

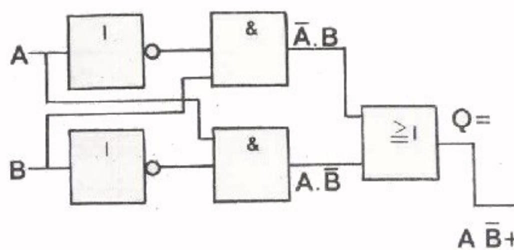
  A, $\overline{A}$, B en $\overline{B}$.

  Dit wordt bereikt als we A en B elk aan een NOT toevoeren.

- Vervolgens hebben we nodig de combinaties:

  $A \cdot \overline{B}$ en $\overline{A} \cdot B$

  Deze verkrijgen we door A en $\overline{B}$ toe te voeren aan één AND en $\overline{A}$ en B aan een åndere AND.



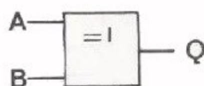
- Tenslotte moet óf de combinatie $A \cdot \bar{B}$ óf de combinatie $\bar{A} \cdot B$ aan de uitgang komen.
  Daarom moeten we de twee combinaties toevoeren aan een OR.

$$Q = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

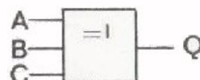
A	B	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$A.\bar{B}$	$\bar{A}.B$	Q
0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0

Dit is de waarheidstabel van de gehele schakeling. In de eerste twee kolommen vinden we de mogelijke toestanden van de ingangen A en B. In de volgende twee kolommen de toestanden van de uitgangen van de NOT's. In de daaropvolgende twee kolommen die van de uitgangen van de AND's. In de laatste kolom tenslotte, die van de uitgang Q van de OR.

Voor de veel voorkomende exclusieve OR-functie heeft men een symbool ingevoerd.

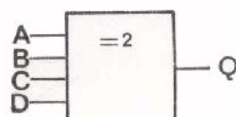


EX-OR met
twee ingangen



EX-OR met
drie ingangen

Het teken "= 1" geeft aan dat Q = 1 als slechts *één* ingang 1 is. Er zijn nog andere soorten EX-OR's, bijvoorbeeld die waarbij Q = 1 als twee van de ingangen 1 zijn. Het symbool wordt dan getekend met "=2".



Hiervoor geldt: Q = 1 uitsluitend als *twee* ingangen tegelijk 1 zijn. Welke ingangen dit zijn is niet van belang.

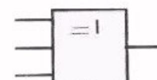
OEFENINGEN

1.

A	B	C	D	Q

Bovenstaand symbool moet een EX-OR voorstellen, waarbij Q = 1 als drie ingangen 1 zijn. Maak het symbool compleet. Vul de waarheidstabel in.

2. Geef de benaming bij de gegeven symbolen.



OPMERKING

Ter vergelijking ziet U hier enkele andere nog wel toegepaste symbolen van de EX-OR.



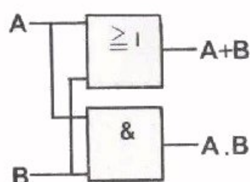
ANDERE UITVOERINGEN VAN DE EXCLUSIEVE OR

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

We brengen de tabel van de EX-OR met twee ingangen op een andere manier onder woorden:

Q = 1 als:	A = 1 OF B = 1	
	EN	
daarbij NIET (A = 1 EN B = 1)		

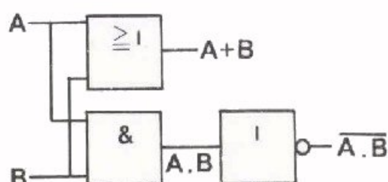
In formule wordt dit: $Q = (A + B) . \overline{A . B}$



- Uit de formule zien we dat we moeten beschikken over:

  $A + B$ en $A . B$

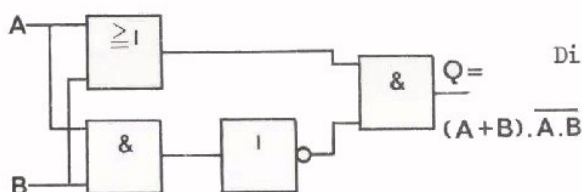
  Dit is te realiseren met een OR en een AND.



- Nu moet A . B nog worden "geïnverteerd"

  $\overline{A . B}$

  Hiervoor gebruiken we een NOT.



- Uiteindelijk moeten we verkrijgen

  $A + B$ EN $\overline{A . B}$

  Dit kan met behulp van een AND.

  $Q = (A + B) . \overline{A . B}$

A	B	A+B	A.B	$\overline{A.B}$	Q
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

Vul de waarheidstabel van de gehele schakeling in. Dit is een controle of de schakeling inderdaad de EX-OR-functie heeft.

OPMERKING:

Als u deze EX-OR vergelijkt met die van blad 5, dan ziet u dat hier één blokje minder nodig is. Door dezelfde functie ánders te formuleren, kan men soms een besparing van basisfuncties verkrijgen.

EXCLUSIEVE OR MET DRIE INGANGEN

OEFENING

We zijn begonnen met een praktijkvoorbeeld van een limonadeautomaat met drie "ingangen". We gaan proberen deze EX-OR met drie ingangen samen te stellen uit AND's, OR's en NOT's. Voor deze EX-OR moet gelden:

Q = 1 als:	A = 1	EN	B = $\overline{1}$	EN	C = $\overline{1}$
		OF			
	A = $\overline{1}$	EN	B = 1	EN	C = $\overline{1}$
		OF			
	A = $\overline{1}$	EN	B = $\overline{1}$	EN	C = 1

- Vul de waarheidstabel in.

A	B	C	Q

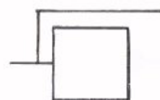
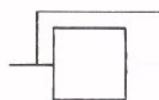
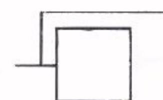
- Algebraïsch is de functie te schrijven als:

  $Q = A.\overline{B}.\overline{C} + \overline{A}.B.\overline{C} + \overline{A}.\overline{B}.C$

- Volgens de formule moeten we beschikken over:

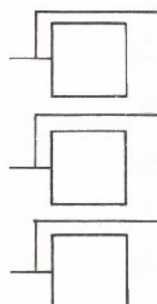
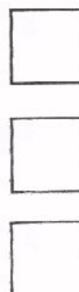
  A, $\overline{A}$, B, $\overline{B}$, C en $\overline{C}$

  Teken hoe dit bereikt kan worden.

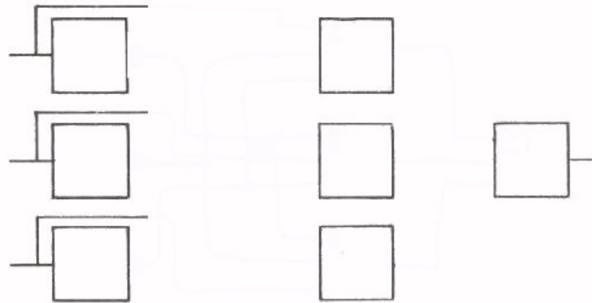




- Volgens de formule moeten we beschikken over de combinaties:

- Teken nu hoe deze combinaties verkregen worden.

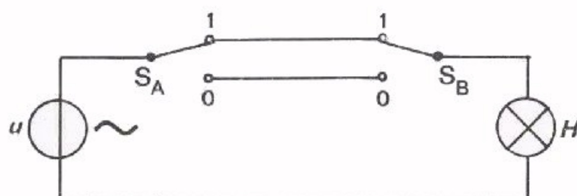



- We moeten uiteindelijk beschikken over Q. Teken de volledige schakeling aan de hand van de formule.



DE COMPARATOR-FUNCTIE

We bespreken nu een zogenaamde comparator. Als voorbeeld nemen we een schakeling, die in vrijwel elk huis voorkomt, de zogenaamde *wisselschakeling* of *hotelschakeling*.



Dit is het principeschema van een wisselschakeling.

Deze schakeling treft men in een trappenhuis aan. Gaat men van beneden naar boven, dan moet de trapverlichting beneden in- en daarna boven uitgeschakeld kunnen worden. Gaat men van boven naar beneden, dan moet hij boven in- en daarna beneden uitgeschakeld kunnen worden. Hiervoor worden twee omschakelaars gebruikt. Elke schakelaar geven we een stand "0" en een stand "1". In het schema zien we dat de "enen" worden doorverbonden, terwijl ook tussen de "nullen" een verbinding is aangebracht.

S_A	S_B	H
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Dit is de waarheidstabel van de wisselschakeling.

Hierbij geldt:

H = 0	lamp brandt niet
H = 1	lamp brandt

Een schakeling die voldoet aan deze waarheidstabel noemt men in de digitale techniek een *comparator*. In het engels uitgesproken: "komperruttur" met de nadruk op "per". De functie van een comparator met *twee* ingangen is dus:

H brandt als: $S_A = 0$ EN $S_B = 0$ OF
$S_A = 1$ EN $S_B = 1$

Comparator betekent letterlijk "vergelijker". De ingangssignalen worden met elkaar vergeleken. Als ze *gelijk* aan elkaar zijn is de uitgang Q = 1.

Er zijn ook comparators met méér dan twee ingangen. Ook dan geldt dat de uitgang Q = 1, als *alle* ingangssignalen *gelijk* zijn, dus allemaal 0 óf allemaal 1.

COMPARATOR OPGEBOUWD UIT AND, OR EN NOT

We bespreken een voorbeeld van een comparator bestaande uit AND-, OR- en NOT-functies. We nemen het eenvoudigste geval met *twee* ingangen.

A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

De uitgang is 1 als de ingangsinformaties *gelijk* zijn. We kunnen dit ook als volgt zeggen:

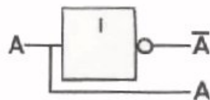
Q = 1 als: A = 1 EN B = 1
OF
A = $\overline{1}$ EN B = $\overline{1}$

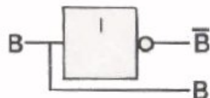
Algebraïsch wordt dit:

$$Q = A.B + \overline{A}.\overline{B}$$

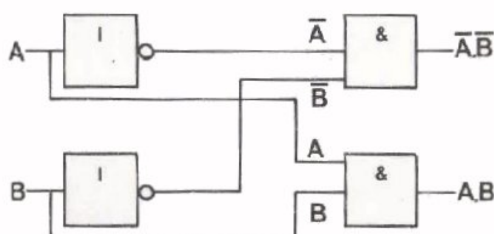
Met behulp van deze formule bouwen we de schakeling weer stap voor stap op.

- We moeten beschikken over A, $\overline{A}$, B en $\overline{B}$. Dit realiseren we met twee NOT's.

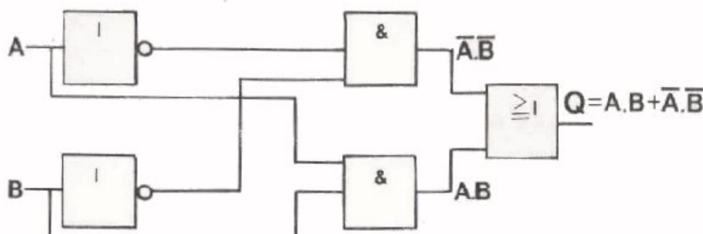


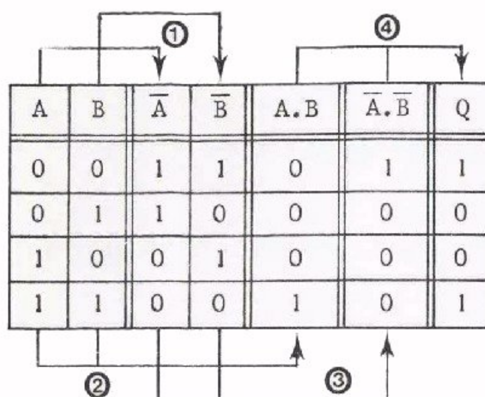


- Ook moeten we beschikken over de combinaties A.B en $\overline{A}.\overline{B}$
  Dit bereiken we met twee AND's.



- Tenslotte moet aan de uitgang komen A.B óf $\overline{A}.\overline{B}$
  Hiervoor is dus nog een OR nodig.





A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	A.B	$\overline{A}.\overline{B}$	Q
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1

Dit is de waarheidstabel van de volledige schakeling. Stap voor stap wordt de schakeling weer van de ingang naar de uitgang doorlopen. Elke stap gaat tot de volgende dubbele lijn.

Voor de veel voorkomende comparator-functie heeft men ook een symbool ingevoerd. Het "=" teken in het symbool wil zeggen dat alle ingangen "gelijk" moeten zijn om de uitgang "1" te maken.



comparator
met twee ingangen



comparator
met drie ingangen

De functie voor de comparator met twee *of meer* ingangen luidt:

> Q = 1 als: *alle* ingangen 0 zijn
> OF
> *alle* ingangen 1 zijn

OEFENING

- Vul de waarheidstabel in voor een comparator met *drie ingangen*.

A	B	C	Q

OPMERKING

Ter vergelijking ziet u hier enkele andere nog wel toegepaste symbolen voor de comparator.







ANDERE UITVOERING VAN EEN COMPARATOR

A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

We brengen de functie van de comparator op een andere manier onder woorden:

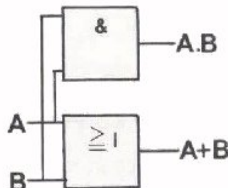
Q = 1 als: A = 1 EN B = 1
OF
niet (A = 1 OF B = 1)

Algebraïsch wordt dit:

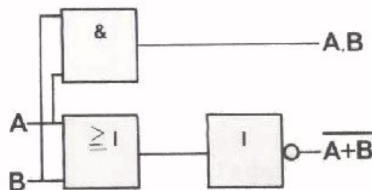
$Q = A.B + \overline{A+B}$

OPMERKING

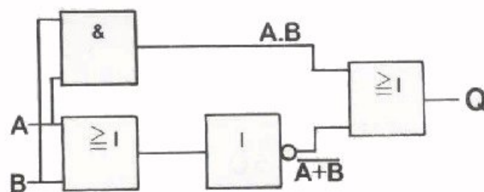
Als boven (A+B) een NOT-streep staat, zijn de haakjes niet nodig.



- Volgens de formule moeten we beschikken over de combinaties A.B en A+B. Hiervoor zijn een AND en een OR nodig.



- Verder moet $\overline{A+B}$ ter beschikking komen. Deze wordt verkregen met behulp van een NOT.



- Tenslotte moeten we verkrijgen: A.B OF $\overline{A+B}$. Hiervoor is nog een OR nodig.

  $Q = A.B + \overline{A+B}$

Vul de waarheidstabel van de gehele schakeling in.

A	B	A.B	A+B	$\overline{A+B}$	Q

OPMERKING

Ook hier is door een ándere formulering te kiezen dezelfde functie met één blokje minder gerealiseerd (zie bladzijde 11).

WAT WORDT ER VAN U VERWACHT ?

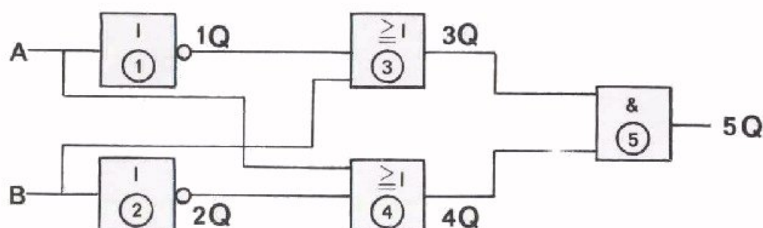
We hebben het volgende laten zien:

- WAARHEIDSTABEL.
  Een functie is vast te leggen met een *waarheidstabel*. De waarheidstabel is op een bepaalde manier onder *woorden* te brengen.
- FORMULE.
  Deze woorden kunnen worden samengevat in een algebraïsche *formule*.
- FUNCTIE.
  Uit de formule volgt tenslotte een bepaalde manier om de *functie* met AND's, OR's en NOT's uit te voeren.

Wordt echter de waarheidstabel op een ándere manier onder woorden gebracht, dan verkrijgt men een ándere algebraïsche formule. Deze zal tot een andere uitvoering met AND's, OR's en NOT's leiden. Er wordt NIET van u verwacht dat u een waarheidstabel handig onder woorden kunt brengen om daarna tot een uitvoering met AND's, OR's en NOT's te komen. Dit is het werk van ontwerpers. *Wel* moet u van een *gegeven schakeling* de waarheidstabel kunnen opstellen. Uit de waarheidstabel moet u dan na kunnen gaan wat de functie van de schakeling is. We laten u een oefening hierover maken.

OEFENING

- Stel van de gegeven schakeling een waarheidstabel op.
- Bepaal uit de waarheidstabel de functie van de gehele schakeling.

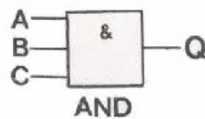


A	B	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q

De functie is een

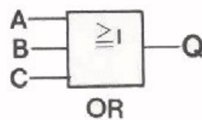
SAMENVATTING

symbool en naam	waarheidstabel	functie



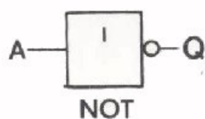
A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Q = 1 als *alle* ingangen 1 zijn.



A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

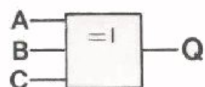
Q = 1 als één of meer ingangen 1 zijn



of omkeer-functie
of inverter

A	Q
0	1
1	0

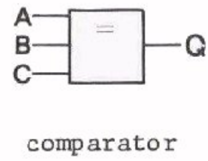
Q = 1 als de ingang 0 is. (Q = 0 als de ingang 1 is.)



exclusieve OR
of EX-OR

A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Q = 1 als slechts één van de ingangen 1 is.



comparator

A	B	C	Q
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

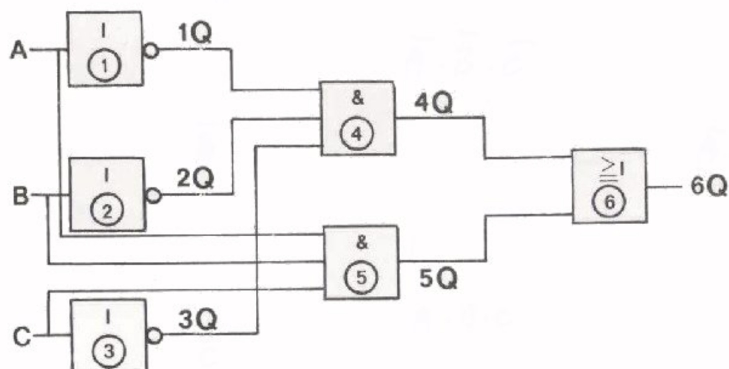
Q = 1 als óf alle ingangen 0 zijn óf alle ingangen 1 zijn.

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN:

1.



- Geef de algebraïsche notatie voor 1Q t/m 6Q.

1Q =

2Q =

3Q =

4Q =

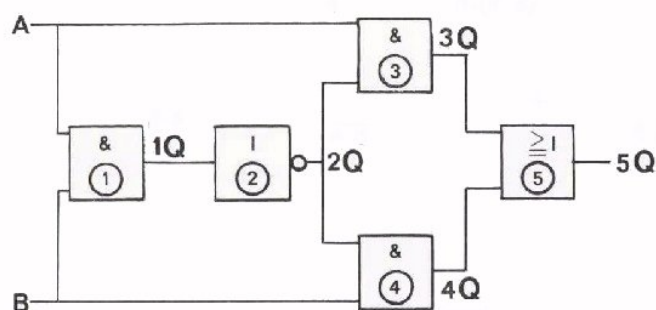
5Q =

6Q =

- Vul de waarheidstabel in.

A	B	C	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q

- Dit is een functie.



- Geef de algebraïsche notaties voor 1Q t/m 5Q.

1Q = ☐ 2Q = ☐

3Q = ☐ 4Q = ☐

5Q = ☐

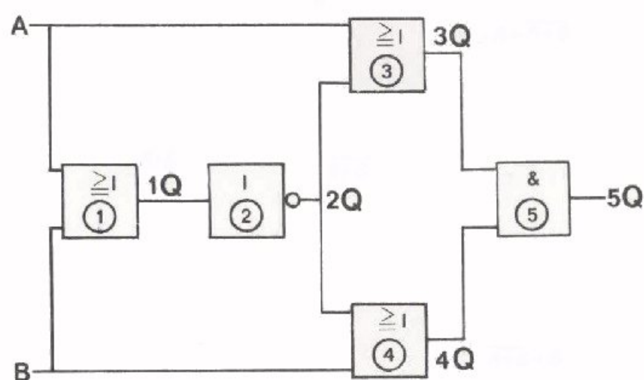
- Stel de waarheidstabel op.

A	B	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q

- Dit is een ☐ functie.

NAAM: ______________________ KLAS: ________

3.



- Geef de algebraïsche notaties voor 1Q t/m 5Q.

1Q = ________ 2Q = ________

3Q = ________ 4Q = ________

5Q = ______________________

- Stel de waarheidstabel op.

A	B	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q

- Dit is een ________ functie.



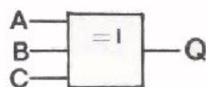
D05.20

D 6

D E   G E H E U G E N F U N C T I E

INLEIDING

In de vorige les zijn een paar veel voorkomende functies behandeld, de EXCLUSIEVE OR en de COMPARATOR. Beide kunnen op verschillende manieren worden samengesteld uit AND-, OR- en NOT-functies.



EX-OR

Q = 1 als:

A = 1 OF B = 1 OF C = 1 en niet méér dan één ingang 1 is.

A	B	C	Q	
0	0	0	0	
0	0	1	1	←
0	1	0	1	←
0	1	1	0	
1	0	0	1	←
1	0	1	0	
1	1	0	0	
1	1	1	0	



COMPARATOR

Q = 1 als:

alle ingangen 0 zijn

OF

alle ingangen 1 zijn.

A	B	C	Q	
0	0	0	1	←
0	0	1	0	
0	1	0	0	
0	1	1	0	
1	0	0	0	
1	0	1	0	
1	1	0	0	
1	1	1	1	←

In deze les komt de *flip-flop* ter sprake. Dit is een zogenaamde *geheugen*-functie. Een flip-flop kan uit OR's en NOT's, of uit AND's en NOT's worden samengesteld. De flip-flop wordt in de digitale techniek veelvuldig toegepast en is daarom van groot belang. In deze les bespreken we alleen de uit twee OR's en twee NOT's samengestelde flip-flop. De flip-flop samengesteld uit AND's en NOT's komt verderop ter sprake.

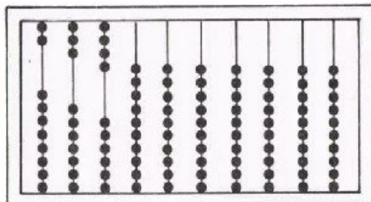
GEHEUGEN

Een deel van onze hersenen dient om iets te kunnen onthouden. Dit deel noemt men het *geheugen*. Dankzij het geheugen kunt u bijvoorbeeld deze cursus volgen en elektronica leren.

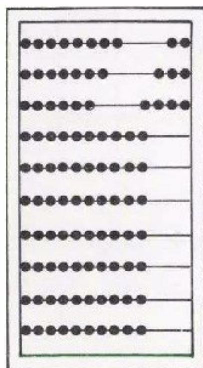
In de digitale techniek zijn schakelingen nodig die iets kunnen onthouden. Zij worden *geheugenschakelingen*, kortweg *geheugens* genoemd. Aan de hand van enkele mechanische voorbeelden laten we zien wat de "geheugenfunctie" eigenlijk inhoudt. Telkens geven we daarbij naast het voorbeeld mét geheugen, een voorbeeld zónder geheugen.

U gaat 's avonds bij iemand op bezoek. U drukt op de drukknop naast de voordeur. Zolang u op de knop drukt, rinkelt de bel. Zodra u de knop loslaat, houdt het bellen op. De bewoner komt naar de voordeur en doet het licht aan. Als hij de lichtschakelaar loslaat, blijft het licht branden.

Als men de drukknop loslaat houdt het bellen op. De drukknop onthoudt niet wat er gebeurt is, de drukknop heeft géén geheugen. Als men de lichtschakelaar loslaat blijft het licht branden. De lichtschakelaar onthoudt wel wat er gebeurd is, de lichtschakelaar heeft wél een geheugen.

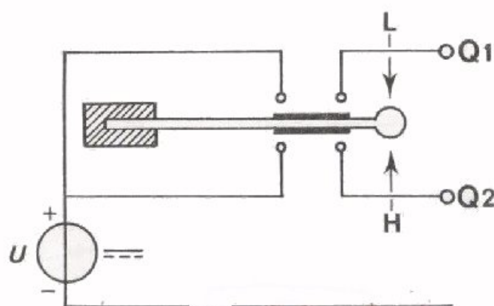


Men zet een telraam op zijn kant, zoals getekend. Moet men 2, 3 en 4 optellen, dan kan men 2, 3 en 4 kralen omhoog houden, om de som van de kralen te tellen. Laat men de kralen los, dan vallen ze naar beneden, de informatie is verdwenen. Het telraam onthoudt niets; het heeft in deze stand geen geheugen.



Houdt men het telraam in de juiste stand, zoals getekend, dan kan men 2, 3 en 4 kralen naar rechts schuiven. Laat men de kralen los, dan blijven ze rechts. De informatie blijft bewaard. Het telraam onthoudt de informatie; het heeft in deze stand een geheugen.

GEHEUGEN MET SCHAKELAARS



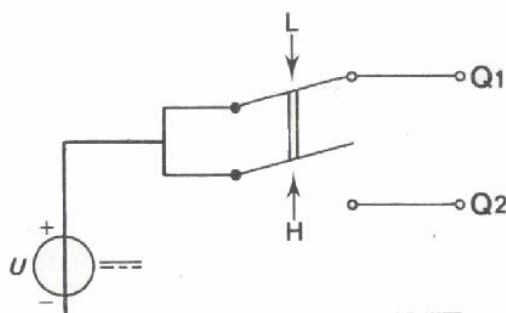
Hier ziet u een schakeling met een *verende schakelaar*. Losgelaten bevindt de schakelaar zich in de getekende rust-stand. Men kan de schakelaar om*hoog* of om*laag* drukken. We spreken af:

- om*hoog* drukken noemen we H = 1
- *omlaag* drukken noemen we L = 1
- niet om*hoog* drukken(loslaten) H = 0
- niet om*laag* drukken(loslaten) L = 0

We gaan de schakelaar achtereenvolgens om*laag* drukken, loslaten, om*hoog* drukken en weer loslaten. De uitgangen Q1 en Q2 nemen dan de in de tabel vermelde toestand aan. Als de schakelaar wordt losgelaten, veert deze terug in de rusttoestand. De uitgangen Q1 en Q2 worden dan nul. De voorgaande toestanden worden niet onthouden, de schakelaar heeft géén geheugen.

L	H	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	0
0	1	1	0
0	0	0	0

Hier ziet u een schakeling met een *wip-schakelaar*. Wordt deze schakelaar losgelaten, dan behoudt de schakelaar de laatst ingenomen stand, "boven" óf "onder". Men kan deze schakelaar ook op twee manieren bedienen:



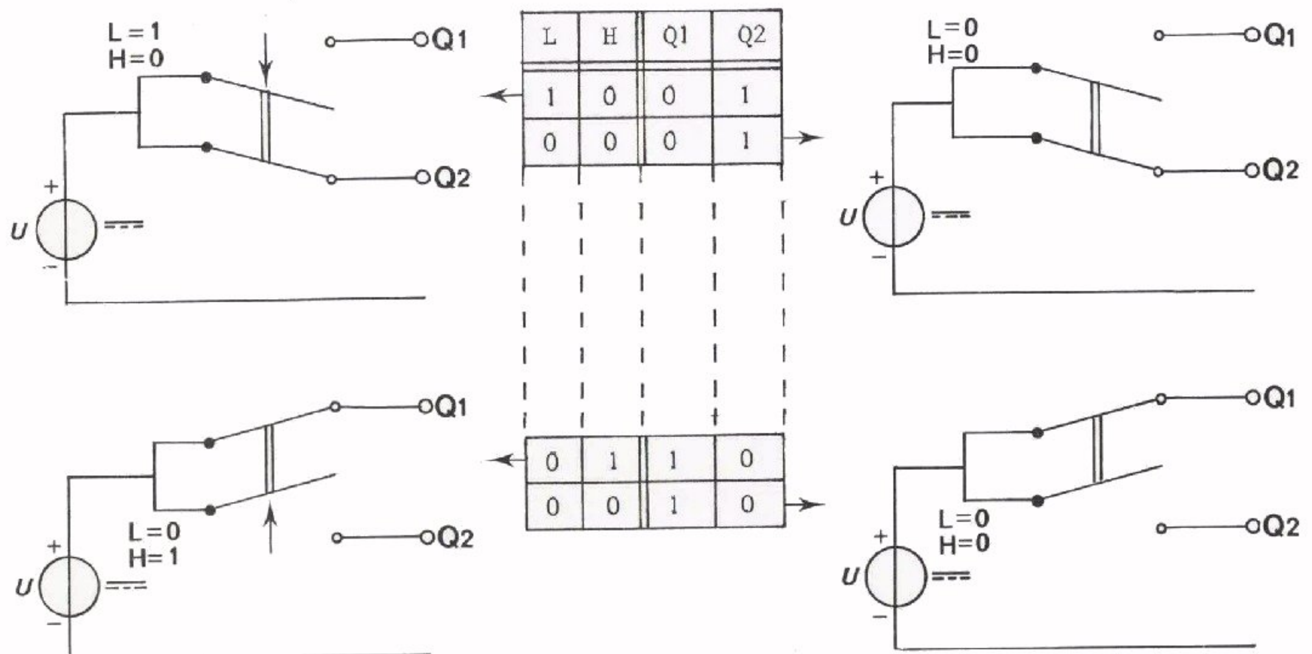
- om*hoog* drukken noemen we H = 1
- om*laag* drukken noemen we L = 1
- niet om*hoog* drukken(loslaten) H = 0
- niet om*laag* drukken(loslaten) L = 0

De schakeling heeft weer twee uitgangen: Q1 en Q2.

Spanning op Q1 noemen we Q1 = 1 Spanning op Q2 noemen we Q2 = 1
Géén spanning op Q1 Q1 = 0 Géén spanning op Q2 Q2 = 0.

We gaan nu stap voor stap bekijken wat er gebeurt als we de schakelaar bedienen.

Achtereenvolgens gaan we weer: om*laag* drukken, loslaten, om*hoog* drukken, loslaten. Wat er gebeurt, is hieronder weergegeven in een tabel. Bovendien is elk van de vier mogelijke toestanden van de schakeling aan weerszijden van de tabel getekend. Het drukken op de omschakelaar is met een pijl ↓ of ↑ weergegeven.



L	H	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0

Ga de opeenvolgende toestanden na.

Deze schakeling met NIET-terugverende wipschakelaar onthoudt hoe de schakelaar het laatst werd bediend.

Wordt de schakelaar na het om*laag* drukken (L = 1 en H = 0)
losgelaten (L = 0 en H = 0)
dan veranderen Q1 en Q2 niet.

Wordt de schakelaar na het om*hoog* drukken (L = 0 en H = 1)
losgelaten (L = 0 en H = 0)
dan veranderen Q1 en Q2 evenmin.

De schakelaar heeft dus wél een geheugen.

We spreken af: De toestand "loslaten" noemen we kortweg de RUSTTOESTAND.

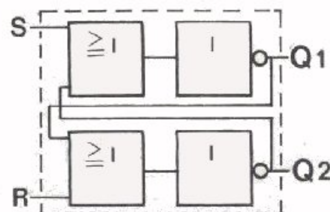
In de digitale techniek komt het vaak voor dat een schakeling iets moet kunnen onthouden. Daarvoor past men dikwijls een elektronische geheugenschakeling toe, de reeds genoemde *flip-flop*. Deze kan hetzelfde werk verrichten als de zojuist besproken wipschakelaar. We hebben de schakeling met de wipschakelaar besproken om de uitleg van de werking van de flipflop gemakkelijker te kunnen volgen.

OPMERKING

De op dit blad gegeven tabel is géén waarheidstabel, maar een zogenaamde "volgordetabel". Hier komen we in deze les nog op terug.

HET GEDRAG VAN EEN FLIP-FLOP

We bekijken eerst het gedrag van een flip-flop en leggen daarbij nog niet uit hoe hij werkt. We vergelijken de flip-flop met de zojuist besproken schakeling met de wipschakelaar.

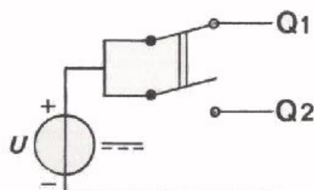


Dit is een flip-flop, die een combinatie is van twee OR's en twee NOT's.

De volgordetabel van de vorige bladzijde is nogmaals gegeven

L	H	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0

- Schakelaar om*laag* drukken: ➤ L = 1 en H = 0
- De uitgang wordt dan: ➤ Q1 = 0 en Q2 = 1
- Schakelaar losgelaten, dan wordt in deze rusttoestand *onthouden*: ➤ Q1 = 0 en Q2 = 1



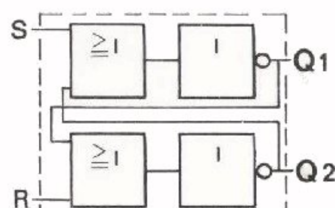
- Schakelaar om*hoog* drukken: ➤ L = 0 en H = 1
- De uitgang wordt dan: ➤ Q1 = 1 en Q2 = 0
- Schakelaar losgelaten, dan wordt de nieuwe toestand *onthouden*: ➤ Q1 = 1 en Q2 = 0

Overeenkomstig gedraagt zich de flip-flop met twee OR's en twee NOT's.

De volgordetabel voor deze flip-flop is dan ook *hetzelfde* als die voor de wipschakelaar:

S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0

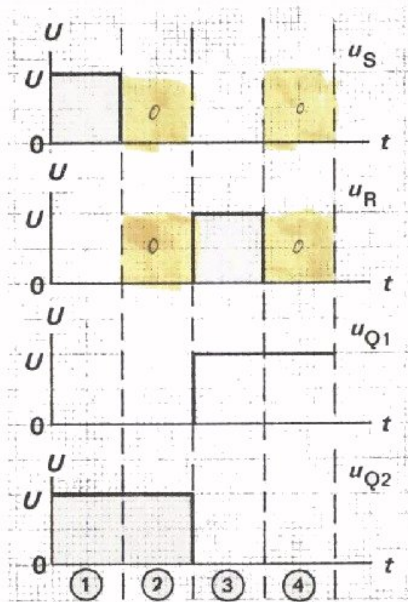
- We voeren spanning toe aan S en niet aan R: ➤ S = 1 en R = 0
- Q2 krijgt spanning, Q1 niet: ➤ Q1 = 0 en Q2 = 1
- Wordt er géén spanning toegevoerd aan S en R dan blijft: ➤ Q1 = 0 en Q2 = 1
- Krijgt R spanning en S niet dan is: ➤ S = 0 en R = 1
- Q2 krijgt geen spanning en Q1 wel: ➤ Q1 = 1 en Q2 = 0
- R en S beide geen spanning: ➤ S = 0 en R = 0
- Q2 en Q1 blijven *onthouden*: ➤ Q1 = 1 en Q2 = 0

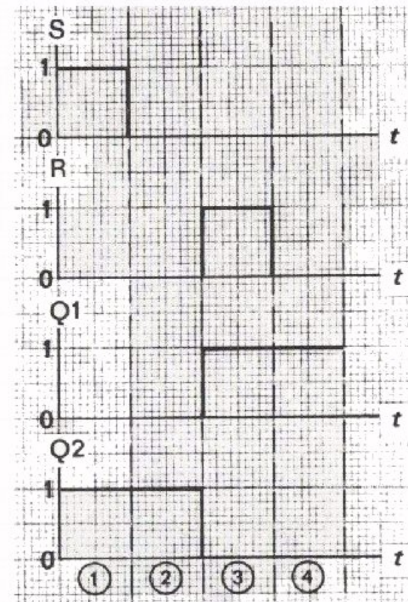


Dit is samengevat in de voor de flip-flop getekende volgordetabel. Ook de flip-flop *onthoudt* in zijn rusttoestand (S = 0 en R = 0) de voorafgaande uitgangstoestand van Q1 en Q2.

TIJD-VOLGORDEDIAGRAM EN VOLGORDETABEL.

Bij de besproken schakelingen met schakelaars en bij de flip-flop hebben we een aantal op elkaar volgende toestanden in een tabel samengevat. We kunnen de toestanden ook grafisch weergeven door de verschillende *spanningen* tegen de *tijd* uit te zetten. Dit is in de linker grafiek voor de flip-flop getekend.





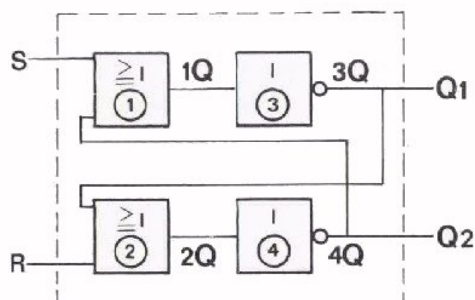
In plaats van de spanningen tegen de tijd uit te zetten, kunnen we ook de *toestanden* "1" of "0" voor S, R, Q1 en Q2 tegen de *tijd* uitzetten. Dit is in de rechter grafiek gedaan. De zo verkregen grafieken noemt men het *tijd-volgordediagram*. Dit diagram geeft hetzelfde weer als de reeds eerder gegeven *volgordetabel*. Bovendien geeft het tijd-volgordediagram de tijdsduur aan van de verschillende toestanden.

S	R	Q1	Q2	
1	0	0	1	➀
0	0	0	1	➁
0	1	1	0	➂
0	0	1	0	➃

De volgordetabel is géén waarheidstabel. In een waarheidstabel mag men de volgorde van de toestanden willekeurig verwisselen. In een volgordetabel mag dit niet: elke toestand is waar als de voorafgaande toestand inderdaad vooraf gegaan is. Zodra er in een schakeling geheugens worden toegepast, wordt een toestand méde bepaald door de voorafgaande toestand Dan kan men geen waarheidstabel meer gebruiken, maar men moet een volgordetabel opstellen.

EEN FLIP-FLOP SAMENGESTELD UIT TWEE OR's EN TWEE NOT's

De op blad 5 beschreven flip-flop is samengesteld uit twee OR- en twee NOT-functies. Ze moeten dan geschakeld zijn zoals hieronder is getekend.



We gaan na of de volgordetabel van het vorige blad inderdaad voor deze schakeling geldt. We veronderstellen dat onderstaande S- en R- toestanden na elkaar optreden.

S	R
1	0
0	0
0	1
0	0

Als S = 1 en R = 0 dan is 1Q = 1 en 3Q = 0 ⟶ Q1 = 0

Omdat 3Q = 0 en R = 0 is 2Q = 0 en 4Q = 1 ⟶ Q2 = 1

Op dezelfde manier vinden we:

als daarna S = 0 en R = 0, dan blijft 1Q = 1, 3Q = 0 ⟶ Q1 = 0
2Q = 0, 4Q = 1 ⟶ Q2 = 1

als daarna S = 0 en R = 1, dan wordt 2Q = 1, 4Q = 0 ⟶ Q2 = 0
1Q = 0, 3Q = 1 ⟶ Q1 = 1

als daarna S = 0 en R = 0, dan blijft 2Q = 1, 4Q = 0 ⟶ Q2 = 0
1Q = 0, 3Q = 1 ⟶ Q1 = 1

In de volgordetabel is dit samengevat.

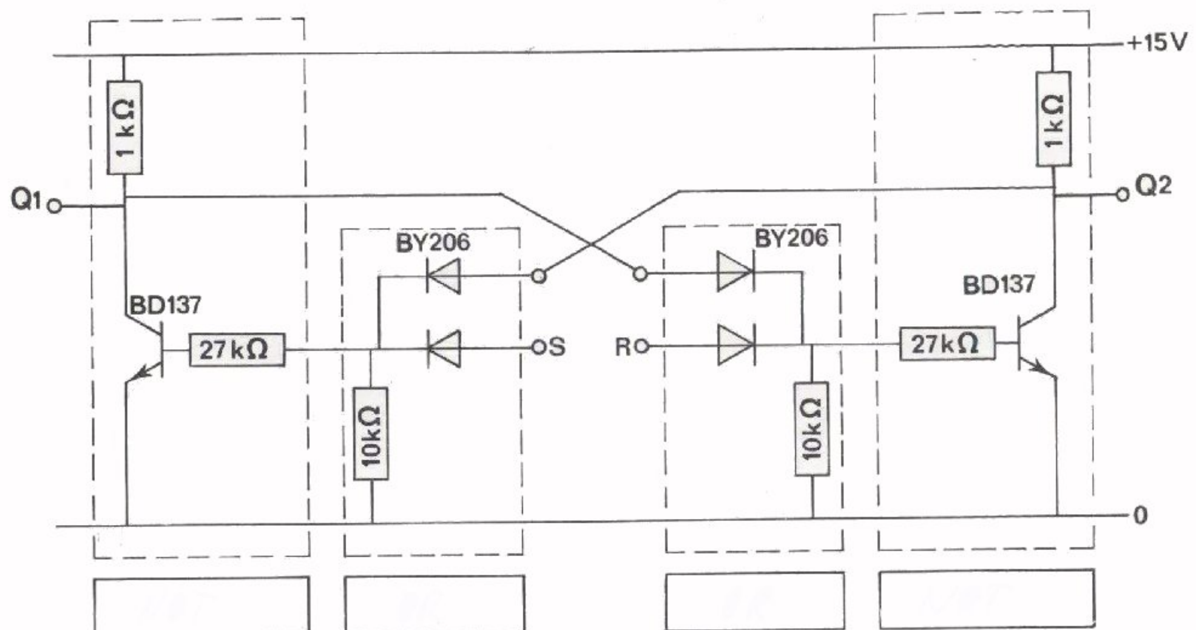
S	R	1Q	2Q	Q1	Q2
1	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	1	0
0	0	0	1	1	0

Bij S = 1 en R = 0 volgt Q1 = 0 en Q2 = 1. Maakt men daarna S = 0 met behoud van R = 0, dan verandert er niets aan de uitgang. De schakeling *onthoudt*. Hetzelfde is het geval als S = 0 en R = 1, en daarna S = 0 en R = 0. Dan wordt de nieuwe toestand *onthouden*.

In de nu komende opdracht gaan we meten aan een flip-flop, die samengesteld is uit twee OR's en twee NOT's. We gaan na of de flip-flop zich inderdaad gedraagt zoals hier is verklaard.

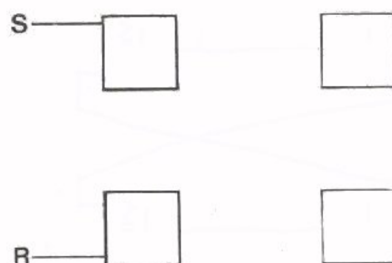
OPDRACHT: EEN FLIP-FLOP MET OR's EN NOT'S

- Bouw deze schakeling op Uw paneel.



- Vermeld van ieder blok de functie.

- Teken het blokschema dat overeenkomt met de gegeven schakeling.



- Toestand "0" betekent U = V

  Toestand "1" betekent hier U = V

- Voer aan de ingangen S en R achtereenvolgens de toestanden toe, die in de volgordetabel zijn aangegeven. Meet na elke verandering van S en R de daarbij optredende waarden van Q1 en Q2. Vul de toestanden in de tabel in.

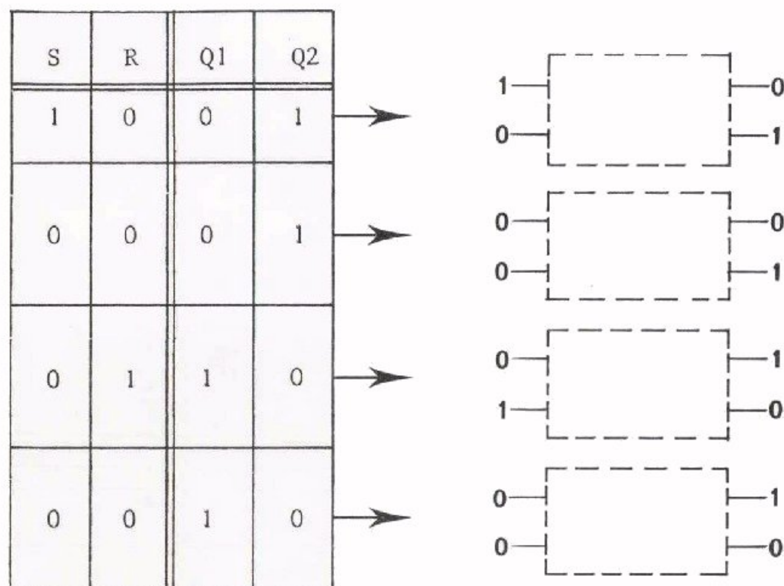
- Breek de schakeling nog niet af.

S	R	Q1	Q2
1	0		
0	0		
0	1		
0	0		
1	0		
0	1		
0	0		

WAT DOET MEN MET EEN FLIP-FLOP

We hebben het gedrag van de flip-flop uitgelegd en ervaren in een meting.

Ter verduidelijking geven we naast elkaar de volgordetabel en de daarbij behorende toestanden van de flip-flop.



S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0

Wat is de bedoeling van de flip-flop ?

In de digitale techniek werken we met de informaties 1 en 0. Deze worden steeds door digitale schakelingen verwerkt. Een flip-flop dient om er 1 of 0 in op te bergen; om de 1 of de 0 te *onthouden.* Bergen we een 1 in een flip-flop op, dan zeggen we dat we de 1 *inschrijven.* Het inschrijven geschiedt door het toevoeren van een ingangssignaal. Het onthouden vindt plaats aan de uitgang. Voeren we een 1 toe aan de ingang S, dan schrijven we in "S = 1" en ontstaat daardoor aan de uitgang Q2 = 1. Halen we "S = 1" weg en gaan we terug naar de rusttoestand S = 0 en R = 0, dan blijft de flip-flop de ingeschreven 1 onthouden als "Q2 = 1".

OPMERKING Wordt door "S = 1" en "R = 0" toe te voeren een 1 opgeborgen als "Q2 = 1", dan wordt tegelijkertijd een 0 opgeborgen als "Q1 = 0".

"S = 0" en "R = 0" is de *onthoudtoestand.* Dan wordt er niets ingeschreven. Door daarna óf S = 1 óf R = 1 toe te voeren, schrijft men in. Men zegt wel dat de flip-flop dan *gestuurd* wordt óf met S = 1 óf met R = 1.

DE TOESTAND "S = 1 en R = 1".

Men kan in een flip-flop informatie *inschrijven* door toe te voeren "S = 1 en R = 0" of "S = 0 en R = 1". Deze ingeschreven informatie wordt *onthouden* zolang "S = 0 en R = 0" is.

Wat gebeurt er als we "S = 1 en R = 1" toevoeren ? Dit onderzoeken we aan de hand van een opdracht.

OPDRACHT: "S = 1 EN R = 1".

- Gebruik de flip-flop-schakeling van de vorige opdracht.
- Meet telkens na het veranderen van S en R volgens de volgordetabel de uitgangstoestanden Q1 en Q2. Noteer de gemeten Q1 en Q2 toestanden in de tabel.

S	R	Q1	Q2	
1	0			①
1	1			②
0	1			③
1	1			④
0	0			⑤

- Vul in: Toevoeren van "S = 1 en R = 1" heeft tot gevolg dat

Q1 = [ ] en Q2 = [ ]

- Hieruit blijkt dat de voorafgaande toestanden ① en ③ [wel/niet] worden onthouden.
- De toestand "S = 1 en R = 1" is dus een [vergeet/onthoud] toestand.

Ná het wegvallen van "S = 1 en R = 1" volgt de onthoudtoestand "S = 0 en R = 0" ⑤ . We zien echter dat de voorgaande uitgangstoestand (Q1 = 0 en Q2 = 0) *niet* onthouden wordt. Er ontstaat een uitgangstoestand die willekeurig is, 0-1 of 1-0. Daarom vermijdt men in de praktijk de toestand "S = 1 en R = 1".

"SET" EN "RESET"

De ingangen van de flip flop hebben we aangeduid met S en R. S en R zijn de eerste letters van de engelse woorden "SET" en "RESET", uitgesproken "set" en "rieset". Set betekent "zetten" en reset betekent "terugzetten". De flip-flop wordt daarom ook wel een *set-reset* flip-flop of SR flip-flop genoemd.

Hoe zijn we tot deze uitdrukkingen gekomen ?

In de begintoestand is S = 0 en R = 0. Door "S = 1" te maken "zetten" we de flip-flop om: "Q2 = 1". Door "R = 1" te maken wordt "Q2 = 0" teruggekregen, met andere woorden de flip-flop wordt "teruggezet" in de begintoestand.

"S = 1 maken" bij R = 0 noemen we "de flip-flop setten".
"R = 1 maken" bij S = 0 noemen we "de flip-flop resetten".

Als we een schakeling met één of meerdere flip-flop's van voedingsspanning voorzien, is niet te voorspellen hoe de begintoestand van elk van de flip-flop's zal zijn: Q1 = 1 en Q2 = 0 óf Q1 = 0 en Q2 = 1.

We willen echter na het inschakelen van de voeding alle flip-flop's in een gewenste begintoestand hebben, bijv. Q2 = 0. Dan moeten we na het inschakelen, alle flip-flop's "resetten", door aan alle R-ingangen éven een "1" toe te voeren.

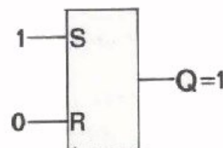
HET SCHEMASYMBOOL VAN DE SET-RESET FLIP-FLOP

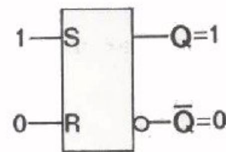
Evenals voor de reeds besproken functies AND, OR en NOT, comparator en EX-OR, heeft men voor de SR flip-flop een eigen schemasymbool ontworpen. Hoewel een SR-flip-flop op verschillende manieren opgebouwd kan worden, kent men slechts één schemasymbool. Bij het samenstellen van dit symbool is men uitgegaan van de *set-toestand* van de SR flip-flop. We lichten dit toe:

Elke SR flip-flop heeft in principe *twee* uitgangen, ook al gebruiken we er dikwijls maar één.

De uitgang die "1" wordt als we "setten" door S = 1 (bij R = 0) toe te voeren, noemen we de uitgang Q.

Bij het gebruik van de SR flip-flop als *geheugenfunctie*, heeft de tweede uitgang steeds de tegengestelde toestand van de uitgang Q, dus $\overline{Q}$. Dikwijls tekent men deze uitgang niet. Als we deze uitgang wél tekenen, moet die altijd voorzien zijn van het omkeersymbool, nl. het cirkeltje.





In ons geval, van een SR flip-flop bestaande uit twee OR's en twee NOT's, betekent dit dat de uitgang Q van het schemasymbool, overeenkomt met de uitgang Q2 in de voorgaande schema's (zie blad 9). De uitgang $\overline{Q}$ van het schemasymbool komt overeen met uitgang Q1 van voorgaande schema's.
Immers:

Door *setten* met S = 1 (bij R = 0), wordt Q2 = 1 en Q1 = 0.

Bovenstaande schemasymbolen gelden alléén als de SR flip-flop als *geheugen*functie wordt gebruikt. Voeren we namelijk S = 1 én R = 1 toe, dan wordt in ons geval Q1 = 0 én Q2 = 0 (zie blad 11). Het schemasymbool komt dan niet overeen met de werkelijkheid. Immers Q = 0, terwijl ook $\overline{Q}$ = 0 !!! In dat geval is er echter geen sprake van een *onthoud*functie, maar van een *vergeet*-situatie. Om te weten hoe de uitgangen zich in die situatie gedragen, moeten we weten waaruit de schakeling is opgebouwd.

We hebben reeds gezegd dat deze situatie zoveel mogelijk vermeden moet worden. Willen we echter van deze eigenschap gebruik maken, dan moeten we het complete schema met OR's en NOT's tekenen.

DE SR FLIP-FLOP MET TWEE OR's EN TWEE NOT's

Wat op de voorgaande bladzijden stap voor stap is besproken, wordt hier nog eens samengevat.

De SR flip-flop dient voor het opbergen van de toestanden 1 en 0.

Dit opbergen of inschrijven geschiedt door de flip-flop te "setten" "S = 1 en R = 0" of te "resetten" "S = 0 en R = 1".

In de onthoudtoestand "S = 0 en R = 0" wordt de voorafgaande "set"- of "reset"- toestand onthouden.

De vergeettoestand "S = 1 en R = 1" heeft "Q = 0 én $\overline{Q}$ = 0" tot gevolg. Deze toestand moeten we zoveel mogelijk vermijden.

Dit alles vinden we terug in onderstaande volgordetabel.

S	R	Q	$\overline{Q}$
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	0	0
0	0	?	?

"SETTEN"
Door "S = 1 (bij R = 0)" toe te voeren wordt "Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0" *ingeschreven.*

Tijdens de toestand "S = 0 en R = 0" wordt "Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0" *onthouden.*

"RESETTEN"
Door "R = 1 (bij S = 0)" toe te voeren wordt "Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1" *ingeschreven.*

Tijdens de toestand "S = 0 en R = 0" wordt "Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1" *onthouden.*

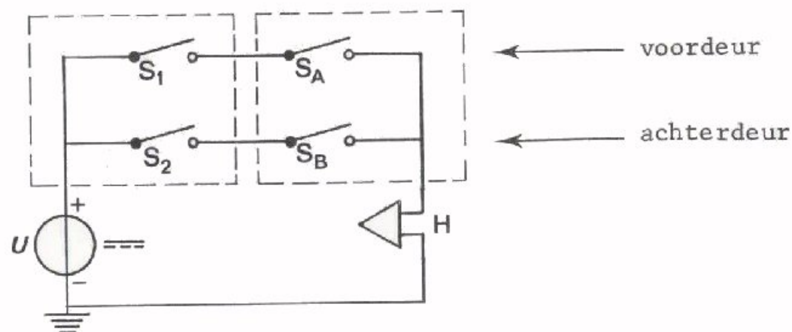
!

Door "S = 1 en R = 1" toe te voeren wordt de voorgaande toestand *vergeten.* "Q = 0 en ook $\overline{Q}$ = 0" ! Het symbool klopt hier dus niet.

Door nu de toestand "S = 0 en R = 0" toe te voeren, treedt een willekeurige uitgangstoestand op "Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0" óf "Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1".

VOORBEELD VAN EEN SCHAKELING MET GEHEUGENS

In les 4 hebben we een voorbeeld gegeven van een alarminrichting. De ingang aan de voorzijde en de ingang aan de achterzijde van een gebouw moesten zowel afzonderlijk als gezamelijk beveiligd kunnen worden. Het schema waarin uitsluitend schakelaars werden gebruikt is hier nog eens getekend.

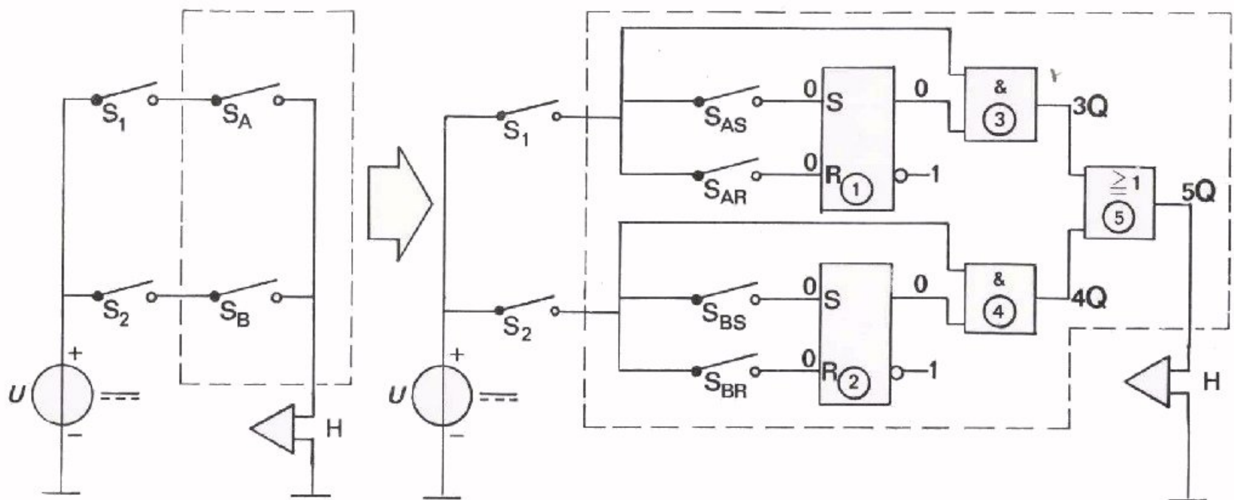


Met S_1 stelt men de beveiliging van de voordeur in werking, met S_2 de beveiliging van de achterdeur. Is S_1 gesloten en wordt de voordeur geopend, bijvoorbeeld door een inbreker, dan sluit S_A en de sirene H gaat loeien. Sluit de inbreker snel de deur, dan houdt de sirene op met loeien, omdat S_A weer geopend is. Dit is een nadeel van deze alarminrichting. Het is immers gewenst dat de sirene blijft loeien, ook al is de deur weer dicht.

Met andere woorden: de schakeling moet *onthouden* dat de deur open is geweest. Hiervoor is een *geheugen* nodig.

Op het volgende blad is een mogelijke uitvoering gegeven van een alarminrichting met twee SR flip-flop's. De schakeling onthoudt nu dat iemand een deur heeft geopend, zelfs al was dit maar heel even. De twee flip-flop's zorgen hier voor het onthouden.

In dit voorbeeld worden van elke flip-flop de twee ingangen en slechts één uitgang (Q) gebruikt. De begintoestand van de flip-flop's is hier met "nullen" en "enen" aan de in- en uitgang weergegeven.



De voordeur wordt bewaakt als S_1 gesloten is.
De achterdeur als S_2 gesloten is.

- Wordt de "bewaakte" *voordeur* geopend, dan sluit de deurschakelaar S_{AS}. Hierdoor wordt flip-flop ① "geset"; 1S wordt 1, zodat 1Q = 1.

  1Q blijft 1 ook als de voordeur weer dicht gaat en schakelaar S_{AS} dus weer opent.

  De schakeling *onthoudt*.

  Van de AND-poort ③ zijn nu beide ingangssignalen gelijk aan 1, zodat 3Q = 1. Hierdoor wordt ook 5Q = 1 en de sirene begint te loeien.

- De sirene kan afgezet worden door S_{AR} even te sluiten. Hierdoor wordt flip-flop ① "gereset"; 1R wordt even 1 waardoor 1Q = 0 en 3Q = 0 wordt. Ook 5Q = 0 en de sirene krijgt dan geen spanning meer.

- Wordt door een of andere oorzaak de "bewaakte" *achterdeur* geopend dan krijgen we achtereenvolgens:

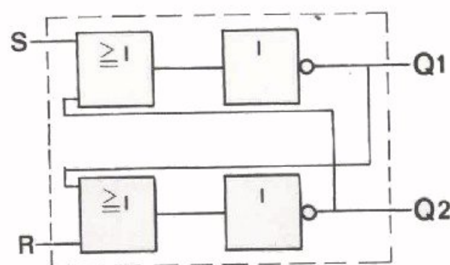
  S_{BS} sluit, 2S = [ ] 2Q = [ ] 4Q = [ ] 5Q = [ ]

  Sirene begint [**wel / niet**] te loeien.

- Als S_{BS} weer open is, kan men de sirene buiten werking stellen door S_{BR} even te sluiten, waardoor flip-flop ② "gereset" wordt. De installatie staat weer "startklaar".

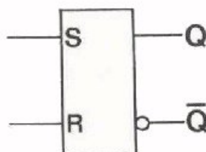
SAMENVATTING

- We brengen in een schakeling een verandering aan. Blijft deze verandering behouden als de schakeling aan zichzelf wordt overgelaten, dan zeggen we dat de schakeling de verandering "onthoudt". Of ook: de schakeling heeft een *geheugenfunctie*.
- De verende drukknop van een huisbel heeft géén geheugen. Immers, als we na het bellen de drukknop loslaten, houdt het bellen op. Er wordt niet onthouden dat er gebeld is.
- De schakelaar van de huiskamerverlichting heeft wél geheugen. Immers, als we de schakelaar na het inschakelen loslaten, dan blijft de verlichting branden. Er wordt onthouden dat het licht is ingeschakeld.
- De toestand "loslaten" duiden we aan als de *rusttoestand*.
- Een in de digitale techniek veel toegepaste geheugenfunctie is de *flip-flop*. De in deze les besproken SR flip-flop is samengesteld uit twee OR's en twee NOT's.



De flip-flop heeft twee ingangen (S en R) en twee uitgangen (Q1 en Q2).

- De flip-flop dient om de aanwezigheid van een 1 of een 0 te kunnen onthouden. Sturen we de flip-flop bijvoorbeeld met S = 1 bij R = 0, dan wordt hierdoor Q1 = 0 en Q2 = 1. Door de sturing is Q1 = 0 "ingeschreven". Gaan we daarna over tot de *rusttoestand* S = 0 en R = 0, dan worden de vooraf ingeschreven Q1 = 0 en Q2 = 1 onthouden.
- Het schemasymbool van de SR flip-flop gaat uit van de *set-toestand*. De uitgang die "1" wordt als we "setten" door S = 1 (bij R = 0) toe te voeren, noemen we de uitgang Q. De andere uitgang noemen we $\overline{Q}$. De uitgang Q van dit symbool komt dus voor de besproken 2OR-2NOT flip-flop overeen met de uitgang Q2.

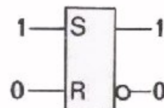


- Voert men aan een *schakeling zónder geheugen(s)* bepaalde ingangssignalen toe, dan ontstaat er een uitgangstoestand die *onafhankelijk* is van de voorgaande toestand. Een overzicht van alle mogelijke toestanden biedt de *waarheidstabel*. In deze tabel komt de volgorde van de toestanden er niet op aan.

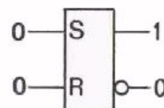
- Voert men aan een *schakeling mét geheugen(s)* bepaalde ingangssignalen toe, dan ontstaat er een uitgangstoestand die bovendien *afhankelijk* is van de voorafgaande toestand. Een overzicht van welke toestanden op elkaar kunnen volgen biedt de *volgordetabel*. In deze tabel is de volgorde van de toestanden wél van belang: de regels mógen niet zomaar verwisseld worden.

- Hieronder staat de volgordetabel van een SR flip-flop met twee OR's en twee NOT's.

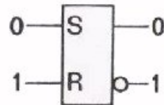
S	R	Q	$\overline{Q}$
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	0	0 !
0	0	1 of 0	0 of 1



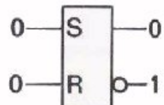
Door S = 1 bij R = 0 toe te voeren, wordt Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0 *ingeschreven* De flip-flop wordt *"geset"*.



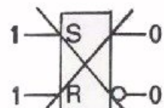
Als men naar *rusttoestand* S = 0 en R = 0 overgaat, blijft Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0 *onthouden*.



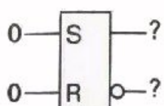
Door R = 1 bij S = 0 toe te voeren, wordt Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1 *ingeschreven*. De flip-flop wordt *"gereset"*.



Als men naar rusttoestand S = 0 en R = 0 overgaat, blijft Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1 *onthouden*.

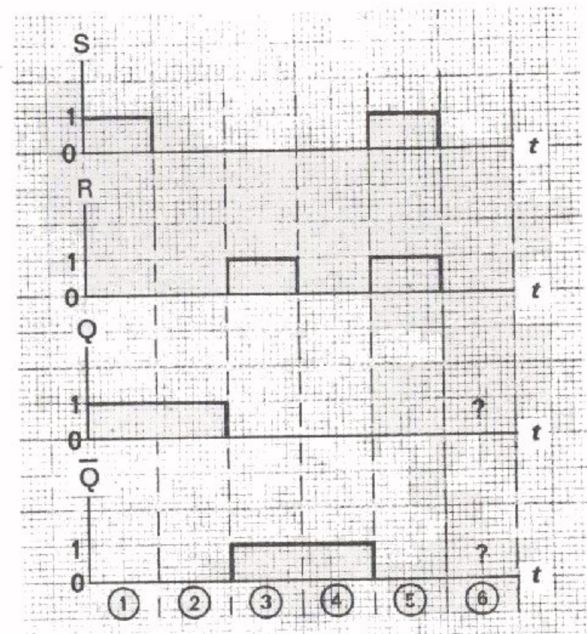


Door S = 1 en R = 1 toe te voeren, wordt "Q = 0 én $\overline{Q}$ = 0". De vorige toestand wordt *vergeten*.



Tijdens de hierna volgende toestand S = 0 en R = 0 treedt een willekeurige uitgangstoestand op.

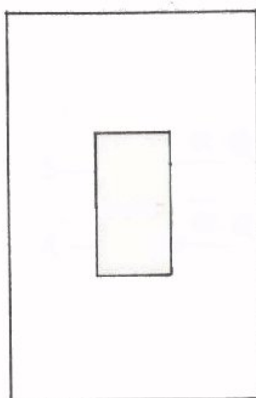
- In plaats van een volgordetabel kan men ook een *tijd-volgorde-diagram* gebruiken. Dit zijn grafieken, waarin de opeenvolgende in- en uitgangstoestanden tegen de tijd zijn uitgezet.



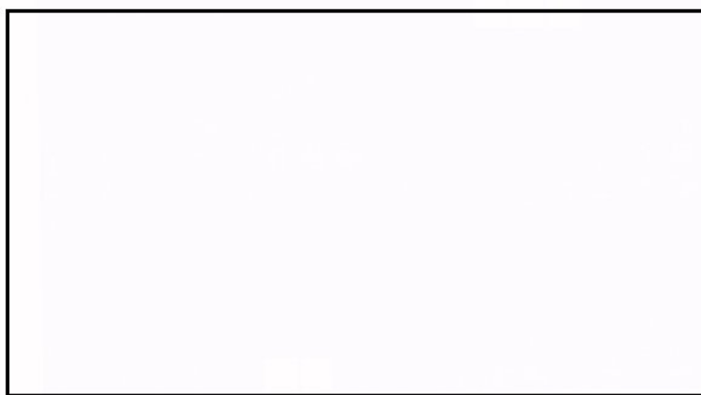
NAAM: [ ] KLAS: [ ]

OEFENINGEN

1. - Teken hieronder het schemasymbool en de schakeling van een SR flip-flop met twee OR's en twee NOT's.



symbool



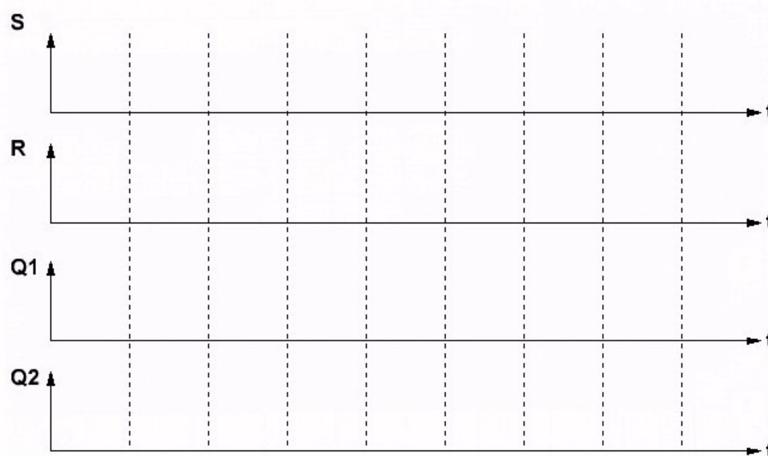
schakeling

- Uitgang Q van het symbool komt overeen met uitgang Q1 van de schakeling
  Uitgang $\overline{Q}$ van het symbool komt overeen met uitgang Q2 van de schakeling

- Vul voor de schakeling onderstaande volgordetabel verder in.

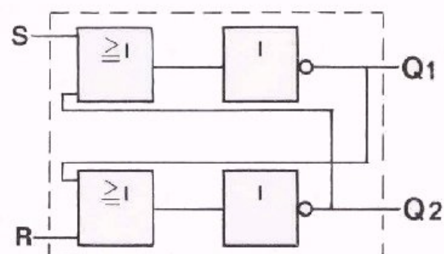
- Teken het tijd-volgorde-diagram.

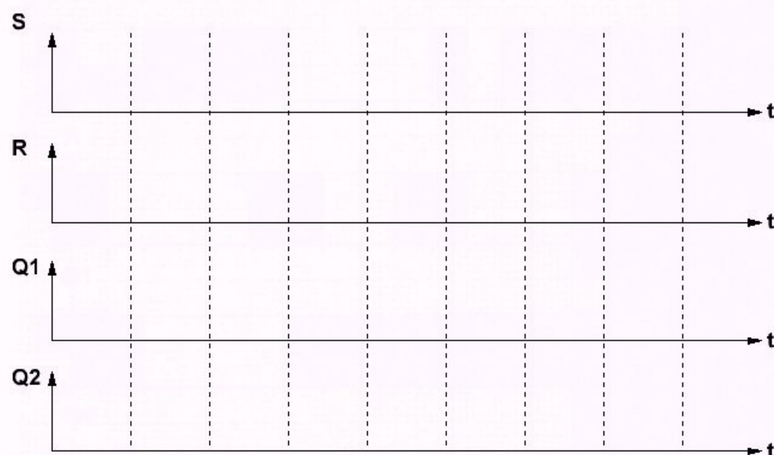
S	R	Q1	Q2
0	1		
0	0		
1	1		
1	0		
0	0		
1	1		
0	1		
1	0		



2. - Teken het tijd-volgorde-diagram van de gegeven SR flip-flop.

   - Vul de volgordetabel in. Probeer dit bij voorkeur zonder terugzoeken op voorgaande bladen.





	S	R	Q1	Q2
1				
2				
3				
4				
5				
6				
8				
10				
12				
14				
16				

DE "NOR"

INLEIDING

In de vorige lessen hebben we combinaties van AND's, OR's en NOT's be-besproken. AND's, OR's en NOT's noemen we ook wel AND-, OR en NOT-poorten. In het engels noemt men ze AND-, OR- en NOT-gates. ("gate" betekent "poort" en wordt uitgesproken als "geet"). Daarom geeft men de ingangen dikwijls aan met G1, G2, enz.

Over de praktische uitvoering van combinaties hebben we nog niet gesproken. Dat hebben we met opzet niet gedaan, omdat daarbij een aantal moeilijkheden kunnen optreden.

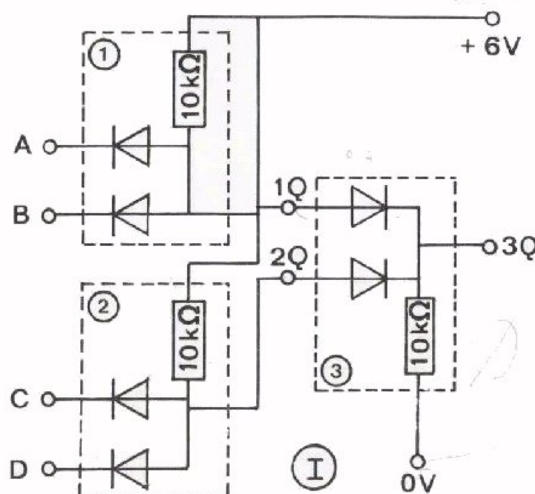
In deze les gaan we uitvoerig in op de moeilijkheden die ontstaan als we de genoemde poorten *rechtstreeks* met elkaar doorverbinden om tot een combinatie te komen. Om deze moeilijkheden te voorkomen heeft men twee schakelingen bedacht: de NOR en de NAND. Ze bieden de mogelijkheid om zonder problemen combinaties te maken. In deze les beperken we ons tot de NOR. In een van de volgende lessen komt de NAND ter sprake.

We bespreken achtereenvolgens:

- Verschuivingen van het "1"- en het "0"-niveau die optreden als we AND- en OR poorten *rechtstreeks* met elkaar verbinden.
- Een methode om deze niveau-verschuivingen te voorkomen.
- De NOR.
- Hoe met uitsluitend NOR's de AND, de OR, de NOT, de EX-OR, de comparator en de SR flip-flop gemaakt kunnen worden.
- De eerste stelling van "De Morgan".

OPDRACHT: AND-OR-COMBINATIES

We verbinden enkele AND's en OR's rechtstreeks door, om zo combinaties te vormen. Het direct doorverbinden heeft tot gevolg dat de spanningen op de verschillende punten niet meer ốf ongeveer 0 V ốf ongeveer +6 V bedragen. Voor twee combinaties meten we dit en vullen de bijbehorende tabellen in. Hier volgt de eerste combinatie.



- Blok ① is een AND-poort; 1Q = A.B
- Blok ② is een AND-poort; 2Q = C.D
- Blok ③ is een OR-poort; 3Q = 1Q+2Q
- Voor de gehele schakeling geldt in formule:

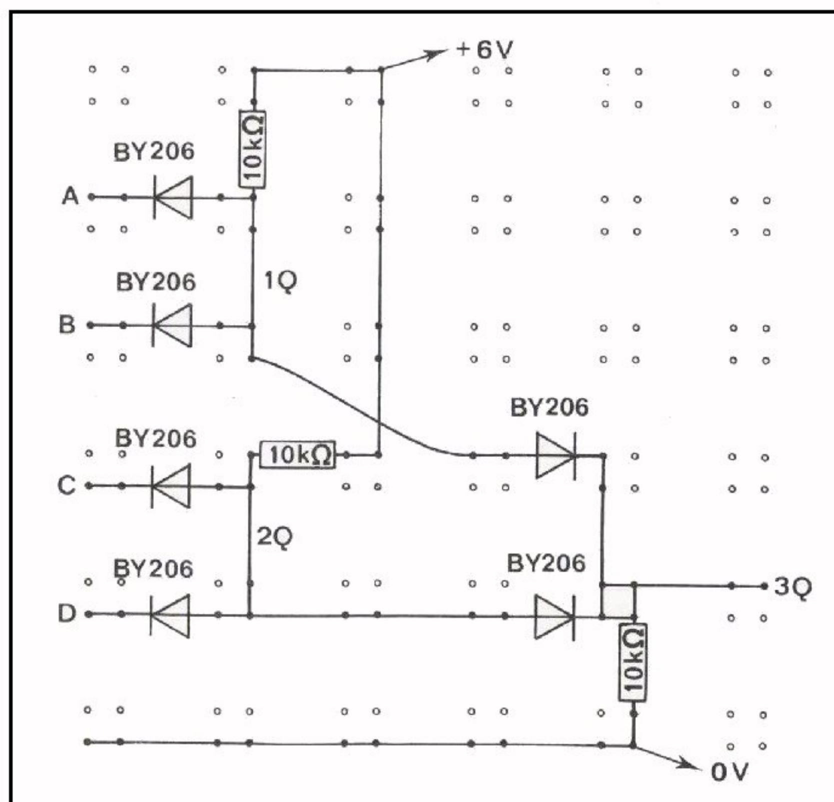
3Q = A.B + C.D

In woorden:

3Q is (A EN B) OF (C EN D).

- Bouw schakeling I precies zoals hieronder is getekend.
- Sluit een voedingsspanning van 6 V aan.

SCHAKELING I



- Vul de kolommen 1Q, 2Q en 3Q van de waarheidstabel in.
- Meet bij elk van de ingangstoestanden ZO NAUWKEURIG MOGELIJK de spanning op uitgang 3Q en noteer de waarden in kolom U_{3Q}.

Opmerking: Ingang "0" betekent dat de ingangsklem inderdaad met de 0 V verbonden moet zijn. Een zwevende ingang van een AND gedraagt zich immers als "1".

A	B	C	D	1Q	2Q	3Q		U_{3Q} (in volt)
0	0	0	0					
0	0	0	1					
0	0	1	0					
0	0	1	1					
0	1	0	0					
0	1	0	1					
0	1	1	0					
0	1	1	1					
1	0	0	0					
1	0	0	1					
1	0	1	0					
1	0	1	1					
1	1	0	0					
1	1	0	1					
1	1	1	0					
1	1	1	1					

CONCLUSIE

"0" in de waarheidstabel komt voor 3Q overeen met ______ V

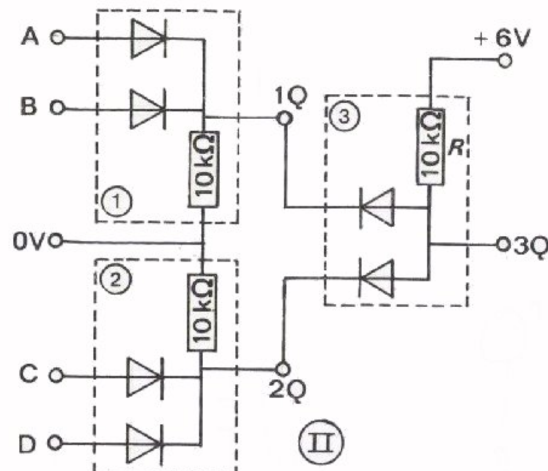
"1" in de waarheidstabel komt voor 3Q overeen met ______ V

of

______ V

We zien dat voor uitgang 3Q de toestand "1" overeenkomt met een spanning die aanmerkelijk *lager* is dan de voedingsspanning van 6 V en bovendien niet steeds dezelfde waarde heeft.

Hier volgt de tweede combinatie.



- Blok ① is een OR-poort; 1Q = A+B
- Blok ② is een OR-poort; 2Q = C+D
- Blok ③ is een AND-poort; 3Q = 1Q.2Q
- Voor deze schakeling geldt in formule:

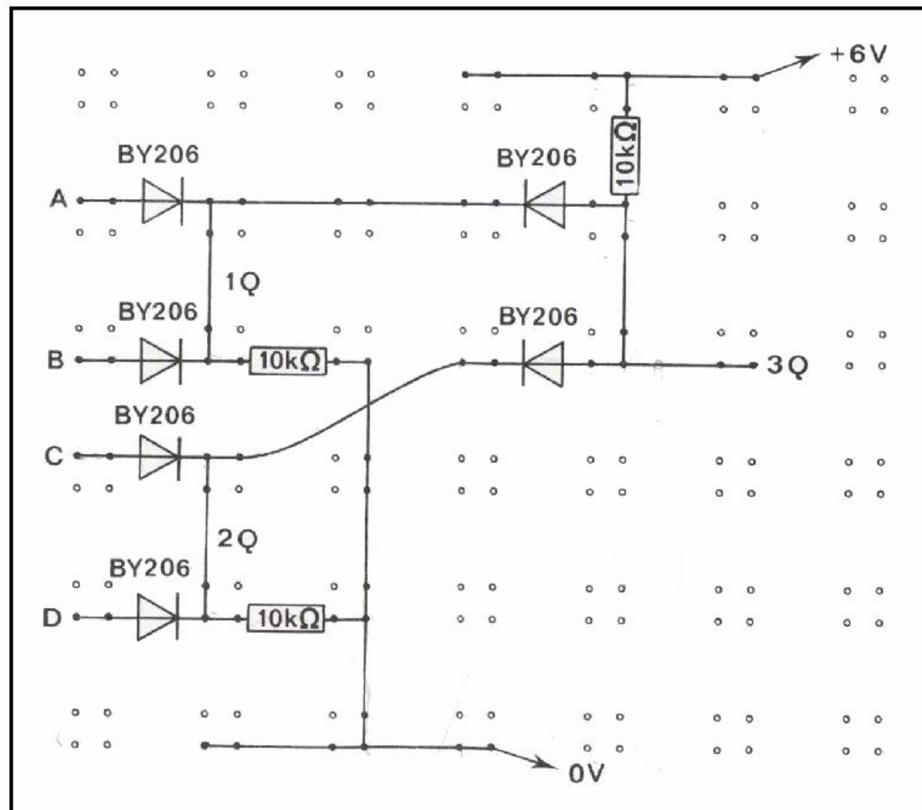
3Q = (A+B) . (C+D)

In woorden:

3Q is (A OF B) EN (C OF D)

- Bouw schakeling II precies zoals hieronder is getekend.
- Sluit een voedingsspanning van 6 V aan.

SCHAKELING II



- Vul onderstaande waarheidstabel in (de kolommen 1Q, 2Q en 3Q).
- Meet nauwkeurig de spanning op uitgang 3Q en noteer deze in kolom U_{3Q}.

A	B	C	D	1Q	2Q	3Q	U_{3Q} (in volt)
0	0	0	0				
0	0	0	1				
0	0	1	0				
0	0	1	1				
0	1	0	0				
0	1	0	1				
0	1	1	0				
0	1	1	1				
1	0	0	0				
1	0	0	1				
1	0	1	0				
1	0	1	1				
1	1	0	0				
1	1	0	1				
1	1	1	0				
1	1	1	1				

CONCLUSIE

"0" in de waarheidstabel komt voor 3Q overeen met ______ V

of

______ V

"1" komt overeen met ______ V

We hebben in de vorige lessen verondersteld dat de spanningen op de in- en uitgangsklemmen van de poortschakelingen ōf ongeveer 0 V ōf ongeveer gelijk aan de voedingsspanning zijn. Uit de metingen in deze opdracht is duidelijk gebleken dat dit bij *rechtstreekse* doorverbinding niet het geval is. Worden meer poorten achter elkaar geschakeld, dan wordt het verschil nog groter. De oorzaak hiervan is dat een poort door de daarop volgende poort(en) te sterk wordt belast. Hierdoor ontstaan ongewenste spanningsverliezen over de weerstand R waardoor de uitgangsspanning niet meer gelijk is aan ongeveer 0 V ōf ongeveer de voedingsspanning.

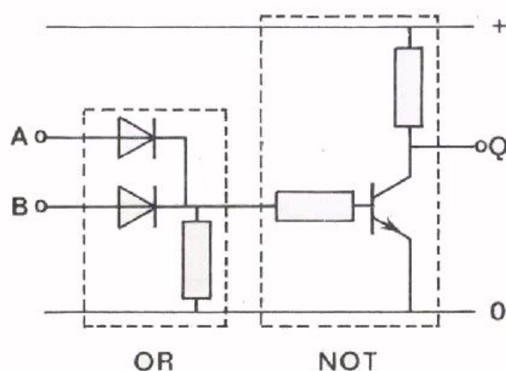
HET ONTSTAAN VAN DE "NOR"

Uit de voorgaande metingen is gebleken dat bij directe doorverbinding, het "1" niveau kan dalen van 6 V tot beneden 3 V(schakeling I). Evenzo kan het "0" niveau stijgen tot boven 3 V(schakeling II). Dit komt omdat een of meer poorten een voorafgaande poort te sterk belasten bij directe doorverbinding.

Daarom zijn AND's en OR's zoals die in de vorige lessen beschreven zijn niet bruikbaar in de digitale techniek. De "0" en de "1" moeten immers duidelijk van elkaar te onderscheiden zijn.

Dat een poort een voorafgaande poort te sterk belast, kunnen we vermijden door er een versterkertrap met een transistor tussen te plaatsen. De basis van die transistor trekt slechts weinig stroom uit de voorgaande poort terwijl zijn uitgangscircuit een grote stroom kan leveren die voor de volgende poort(en) nodig is.

NOR-SCHAKELING



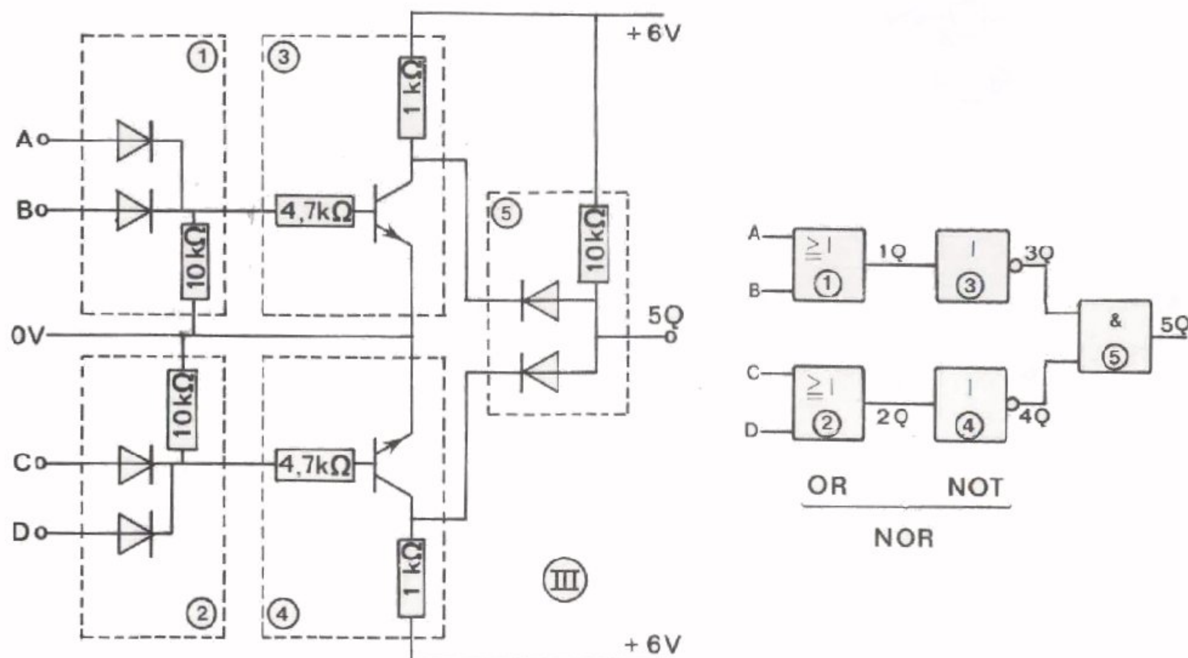
Als versterkertrap kiezen we een GES. Deze gedraagt zich zoals bekend niet alleen als versterker maar ook als een NOT.

Hier is de NOT gecombineerd met een voorafgaande OR. Deze OR-NOT combinatie vormt een schakeling die we een NOR-*functie*, kortweg een NOR noemen. Deze NOR-poort kunnen we wél belasten zonder dat de niveau's teveel verschuiven.

OPDRACHT: TWEE OR's EN EEN AND, GESCHEIDEN DOOR TWEE NOT's

We gaan meten of de scheiding van OR en AND door een transistor inderdaad tot gevolg heeft dat de niveau's van "0" en "1" weinig verschuiven.

- Bouw het onderstaande schema op Uw paneel *precies* volgens schakeling III op blad 8.



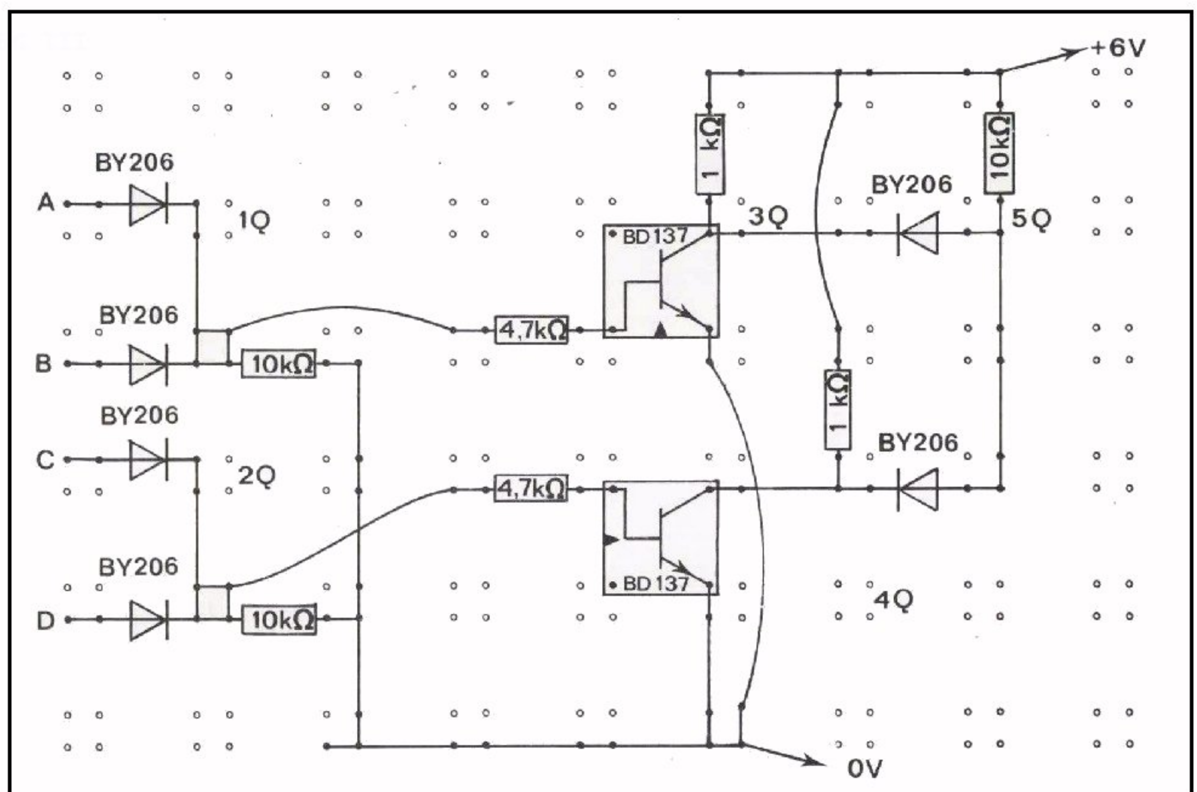
- Vul onderstaande waarheidstabel in(de kolommen 1Q t/m 5Q).
- Meet nauwkeurig de spanning op uitgang 5Q voor elke in de waarheidstabel voorkomende toestand en noteer deze in de kolom U_{5Q}.

A	B	C	D	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	U_{5Q} (in volt)
0	0	0	0						
0	0	0	1						
0	0	1	0						
0	0	1	1						
0	1	0	0						
0	1	0	1						
0	1	1	0						
0	1	1	1						
1	0	0	0						
1	0	0	1						
1	0	1	0						
1	0	1	1						
1	1	0	0						
1	1	0	1						
1	1	1	0						
1	1	1	1						

CONCLUSIE

- Voor 5Q geldt:
  "0" komt overeen met maximaal [V]
  "1" met minimaal [V]
- Er treden [nog steeds/nauwelijks] niveauverschuivingen op.

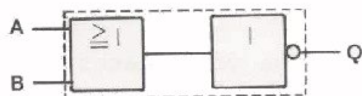
SCHAKELING III



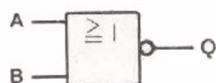
DE NOR

De combinatie van een OR en een NOT is dus ontstaan uit de behoefte om een schakeling te verkrijgen, die aan de uitgang geen niveauverschuivingen van de "0" of de "1" geeft, als deze met andere poorten wordt belast.

In het verdere verloop van deze les zullen we zien dat we, door uitsluitend OR-NOT-combinaties te gebruiken, toch alle gewenste functies kunnen maken zoals: AND's, OR's, NOT's, flip-flop's, enz.

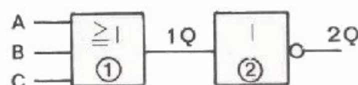


Dit is de combinatie van een OR en een NOT, de zogenaamde NOR.



Het symbool van de NOR is een samenvoeging van het OR- en het NOT-symbool.

- Vul de waarheidstabel in van de OR-NOT (NOR) combinatie.



1Q =

2Q =

CONCLUSIE

A	B	C	1Q	2Q
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

De uitgang van een NOR is slechts "1" als alle ingangen "0" zijn. De uitgang is "0" zodra één of meer ingangen "1" zijn.



- In formule wordt de NOR-functie geschreven als:

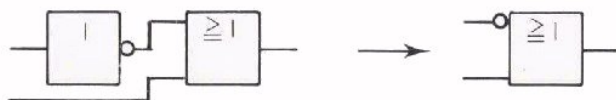
$$Q = \overline{A+B+C}$$

OPMERKING

We hebben gezien dat we een NOT die ná een functieblok komt, kunnen samenvoegen met dit blok.

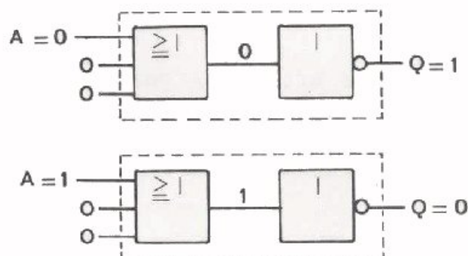


Een NOT die vóór een functieblok komt, kunnen we eveneens samentrekken met dit blok.



DE NOT-FUNCTIE MET NOR's

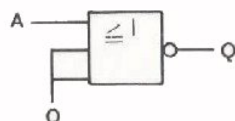
Met allêén NOR's is elke andere digitale functie te maken. We gaan na hoe de verschillende functies NOT, OR, AND, EX-OR, comparator en SR flip-flop verwezenlijkt kunnen worden met NOR's. We beginnen met het eenvoudigste geval: de NOT met behulp van een NOR.



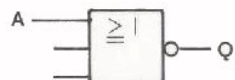
Van een NOR wordt slechts één ingang gebruikt, de andere ingangen worden aan "0" gelegd. Deze NOR gedraagt zich dan als een NOT

als A = 0, dan is Q = 1
als A = 1, dan is Q = 0.

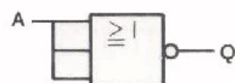
Het spreekt vanzelf dat we in plaats van ingang A ook een andere ingang kunnen gebruiken, mits alle andere in toestand "0" verkeren.



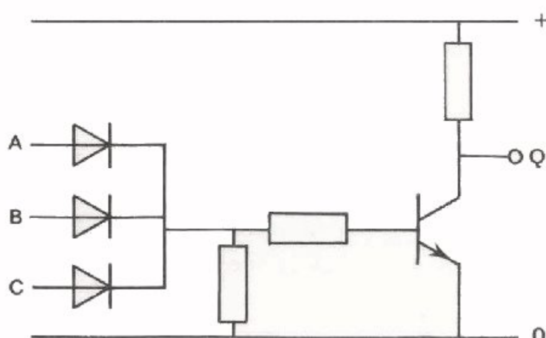
- We kunnen een NOR als NOT laten fungeren, door één ingang te gebruiken en alle andere op "0" te houden.



- Het is niet mogelijk één ingang te gebruiken en alle andere niet aan te sluiten, maar te laten zweven. Zwevende NOR-ingangen gedragen zich als "1".



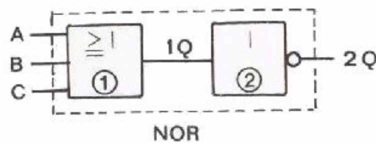
- De praktische uitvoering van een NOR laat soms toe dat we de NOR als NOT kunnen gebruiken door alle ingangen met elkaar te verbinden. Dit is echter niet altijd toegestaan zoals u in een volgende les zult zien.



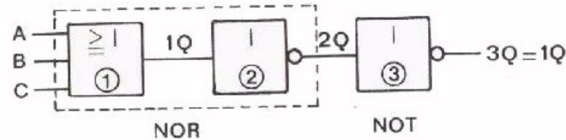
- Hier een praktische NOR-uitvoering met drie ingangen zoals we die bij onze opdrachten hebben toegepast. Ga voor Uzelf na dat de NOR zich als NOT gedraagt door:
  - óf slechts één ingang te gebruiken,
  - óf alle ingangen door te verbinden,
  - óf één ingang te gebruiken en de overige aan "0" te leggen.

DE OR-FUNCTIE MET NOR's

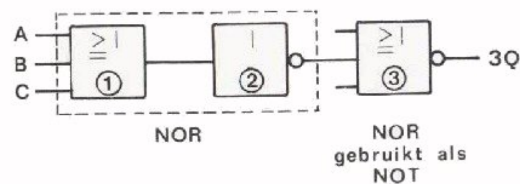
We gaan vervolgens na hoe een OR uitsluitend met NOR's gemaakt kan worden



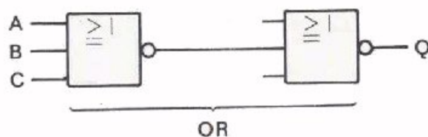
Een NOR is een OR, waarvan het uitgangssignaal omgekeerd wordt.



Keren we het uitgangssignaal nóg een keer om, dan krijgen we het oorspronkelijke uitgangssignaal 1Q van de OR weer terug.



We hebben gezien dat een NOR als NOT is te gebruiken. Door het uitgangssignaal van een NOR om te keren, verkrijgt men dus een OR.



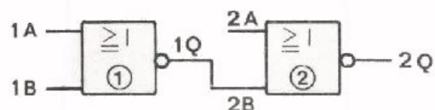
A	B	C	1Q	2Q	3Q
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

- Vul de waarheidstabel in.
- Dit is een [ ] -functie

We gaan eerst enkele oefeningen maken om het voorgaande te verwerken. Daarna gaan we met uitsluitend NOR's een AND maken.

OEFENINGEN

1.-Vul de waarheidstabel in voor de schakeling met twee NOR's. Ingang 2A is zwevend.

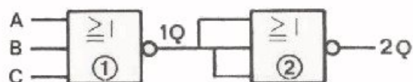


1A	1B	1Q	2A	2B	2Q
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

-Geef de formule voor de uitgang 2Q 2Q =

-In zijn geheel is dit een -functie.

2. -Vul de waarheidstabel voor de volgende schakeling met twee NOR's in.

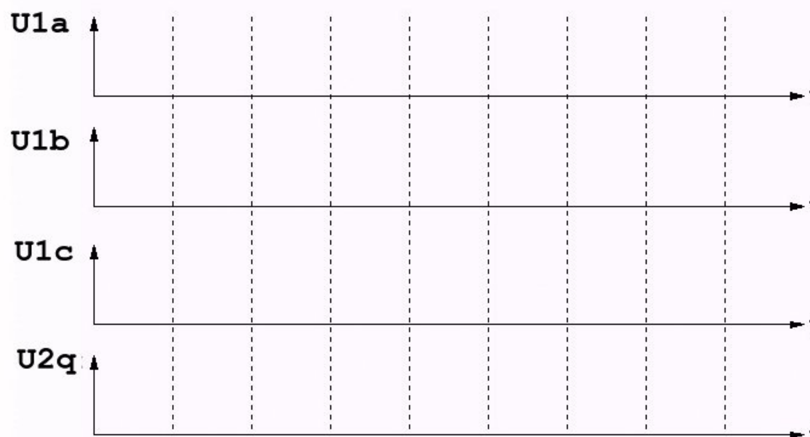


A	B	C	1Q	2Q
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

- Dit is een -functie.

De toegevoerde spanningen aan de ingangen zijn in de grafieken weergegeven.

- Teken de uitgangsspanning u_{2Q}.



DE AND-FUNCTIE MET NOR's

Hoe maken we met uitsluitend NOR's een AND ? Hiertoe bekijken we eerst een "stelling van DE MORGAN".

Deze stelling van de Morgan zegt dat: $\overline{A + B} = \overline{A} . \overline{B}$. We controleren de juistheid van deze bewering aan de hand van twee waarheidstabellen. Vul beide tabellen in.

$Q = \overline{A + B}$

A	B	A + B	$\overline{A + B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

De waarheidstabellen zijn:

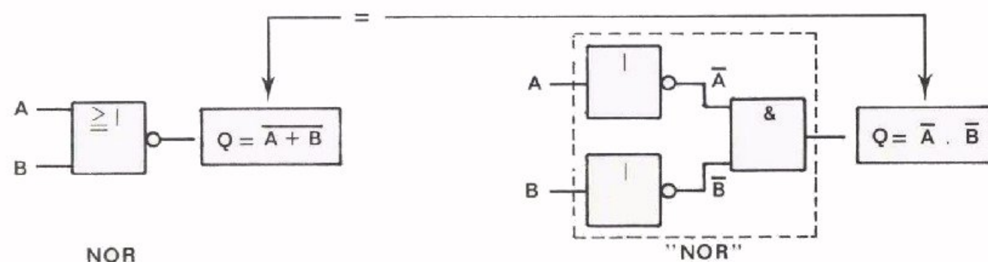
GELIJK/ONGELIJK

$Q = \overline{A} . \overline{B}$

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A} . \overline{B}$
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

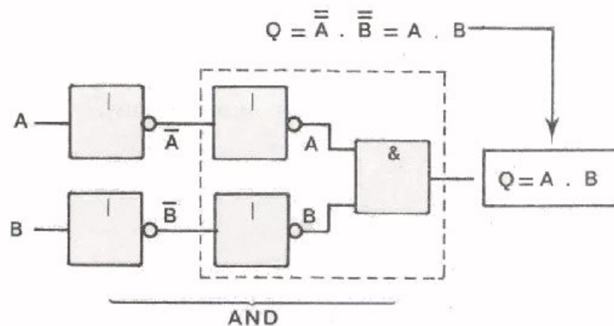
$Q = \overline{A + B}$ is de formule voor de NOR

$Q = \overline{A} . \overline{B}$ is te verkrijgen uit een AND voorafgegaan door twee NOT's.

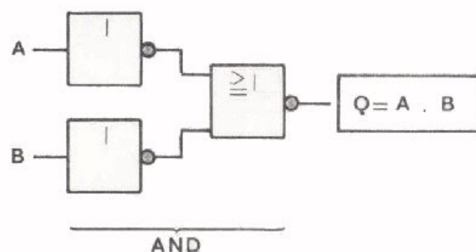


Omdat volgens De Morgan $\overline{A + B} = \overline{A} . \overline{B}$, moet de rechter schakeling dezelfde functie hebben als de linker schakeling: de NOR-functie.

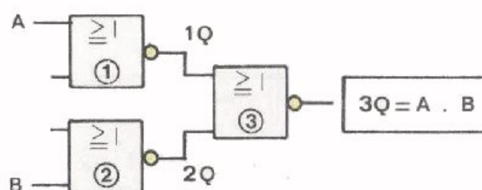
● Om een AND-functie te verkrijgen, moeten we in de formule $Q = \overline{A} . \overline{B}$ zowel de $\overline{A}$ als de $\overline{B}$ inverteren. Zetten we vóór beide ingangen van de "NOR" een NOT, dan verkrijgen we inderdaad:



● Om de functies gelijk te houden, moeten we hier óók twee NOT's toevoegen.



● Vervangen we de NOT's door NOR's, dan verkrijgen we de AND-functie met uitsluitend NOR's



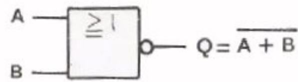
Vul de waarheidstabel voor nevenstaande schakeling in.

A	B	1Q	2Q	1Q+2Q	3Q

Dit is een ☐ -functie.

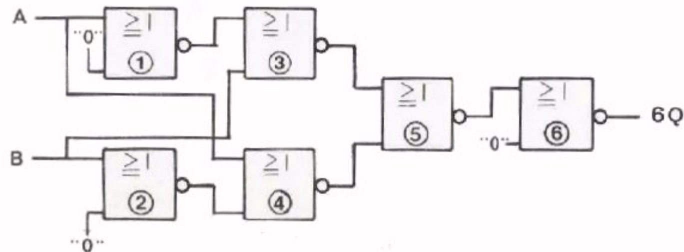
OEFENING

We kunnen nog een andere bekende functie maken met uitsluitend NOR's. We doen dit in de vorm van een oefening.



Bij ingangen A en B van de NOR behoort een uitgang $Q = \overline{A + B}$.

Hieronder staat een uit NOR's samengestelde schakeling.



- Vul de algebraïsche notatie van 1Q tot en met 6Q in.

$1Q = \overline{A}$ $2Q =$ [ ] $3Q = \overline{1Q + B} =$ [ ]

$4Q =$ [ ] $=$ [ ]

$5Q =$ [ ] $=$ [ ]

$6Q =$ [ ] $=$ [ ]

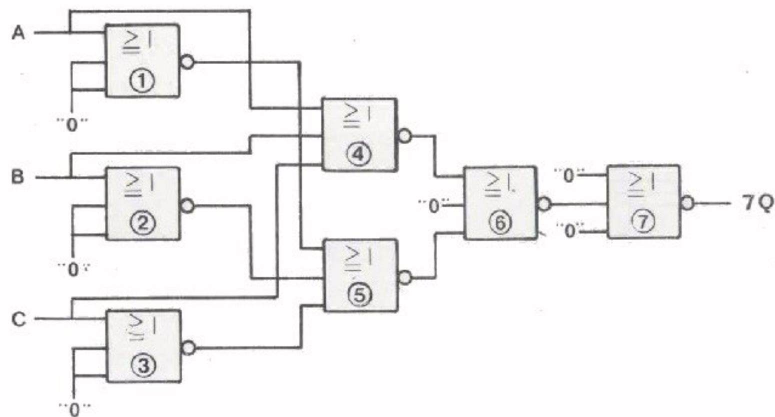
- Maak onderstaande waarheidstabel af.

A	B	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q
0	0						
0	1						
1	0						
1	1						

- Uit de waarheidstabel blijkt dat de gegeven schakeling een [ ] -functie heeft.

OEFENING

Hieronder staat een andere schakeling met NOR's met een bekende functie.



- Geef de algebraische notaties van 1Q tot en met 7Q.

1Q = [ ] 2Q = [ ] 3Q = [ ]

4Q = [ ] = [ ]

5Q = [ ] = [ ]

6Q = [ ] = [ ]

7Q = [ ] = [ ]

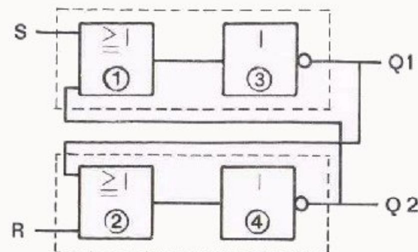
- Maak onderstaande waarheidstabel af.

A	B	C	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q	7Q
0	0	0							
0	0	1							
0	1	0							
0	1	1							
1	0	0							
1	0	1							
1	1	0							
1	1	1							

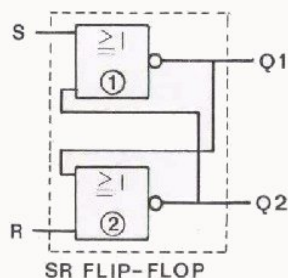
- De schakeling heeft de [ ] -functie.

DE SR FLIP-FLOP MET NOR's

In de vorige les is een flip-flop besproken, bestaande uit twee OR's en twee NOT's.



Het zal duidelijk zijn dat het in feite twee NOR's zijn. Dit is met streeplijnen aangegeven.



Hetzelfde schema is nu met twee NOR-symbolen getekend.

S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0
1	1	0	0

Hier is de volgorde-tabel nog eens gegeven.

- Als we S = 1 en R = 0 toevoeren, dan

  wordt Q1 = 0 en Q2 = 1 ingeschreven.

- Als we daarna S = 0 en R = 0 maken, dan

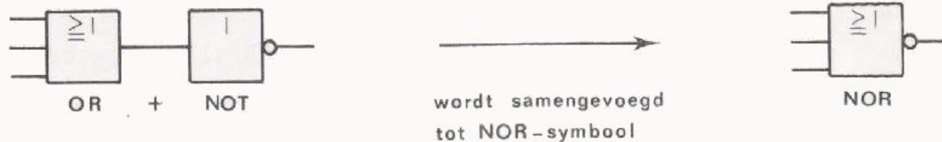
- Als we daarna R = 1 en S = 0 toevoeren, dan

- Als we daarna R = 0 en S = 0 maken, dan

- Als we tenslotte S = 1 en R = 1 maken, dan

SAMENVATTING

- De NOR bestaat uit een OR, direct gevolgd door een NOT. Door het toepassen van deze combinatie krijgen we de volgende voordelen:
  - Bij het direct doorverbinden van NOR's treden geen hinderlijke niveauverschuivingen van "0" en "1" op. Daar heeft men wel last van als men de afzonderlijke AND's en OR's rechtstreeks doorverbindt.
  - Met alléén NOR's kan men elke gewenste digitale functie maken.



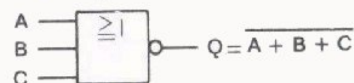
A	B	C	Q
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Dit is de waarheidstabel van een NOR met drie ingangen.

Wat doet een NOR ?

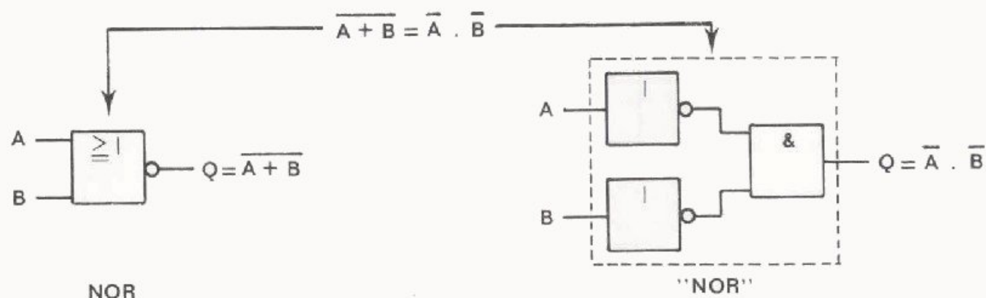
- Een NOR verricht eerst de OR-functie:
  A, B en C toevoeren ➝ $A + B + C$
- Daarna wordt het verkregen signaal omgekeerd:
  $A + B + C \longrightarrow \overline{A + B + C}$

Dus kortweg:

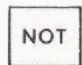


- Volgens een stelling van "DE MORGAN" is: $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$

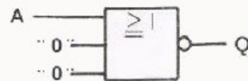
Een NOR is dus te vervangen door een AND met NOT's aan zijn ingangen.



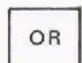
Met NOR's kunnen we de volgende functies maken:

- 

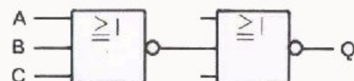
  $Q = \overline{A}$

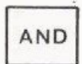
  Slechts één ingang gebruiken. Alle andere ingangen "0" houden.

- 

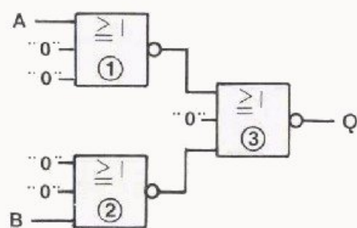
  $Q = A + B + C$

  De tweede NOR als NOT gebruiken.

- 

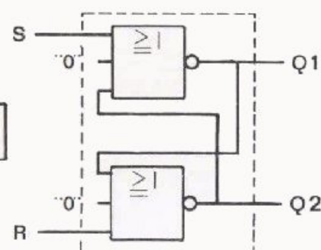
  $Q = A \cdot B$

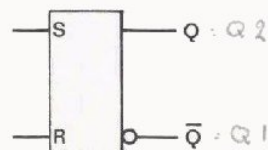
  NOR ③ is op te vatten als een AND met NOT's aan zijn ingangen (DE MORGAN).

  Door aan elke ingang nog een NOT toe te voegen verkrijgt men een AND.

- 

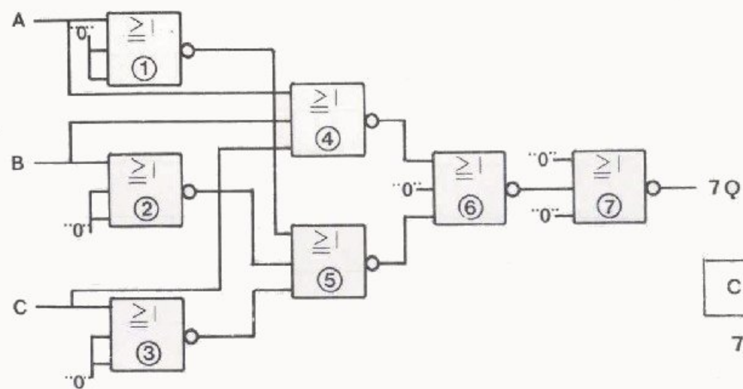
  

S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0
1	1	0	0

- 

  Q komt overeen met Q2 van de 2NOR-schakeling.

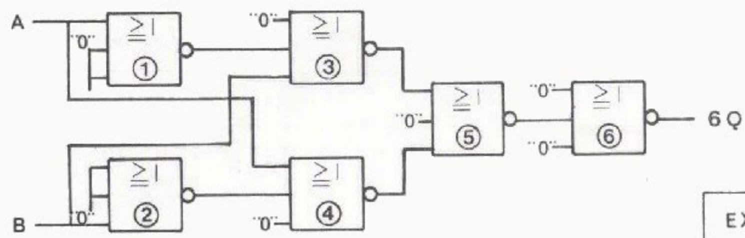
•



COMPARATOR

$7Q = A \,.\, B \,.\, C + \overline{A} \,.\, \overline{B} \,.\, \overline{C}$

•



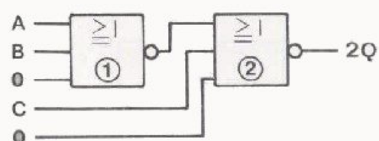
EXCLUSIEVE OR

$6Q = A \,.\, \overline{B} + \overline{A} \,.\, B$

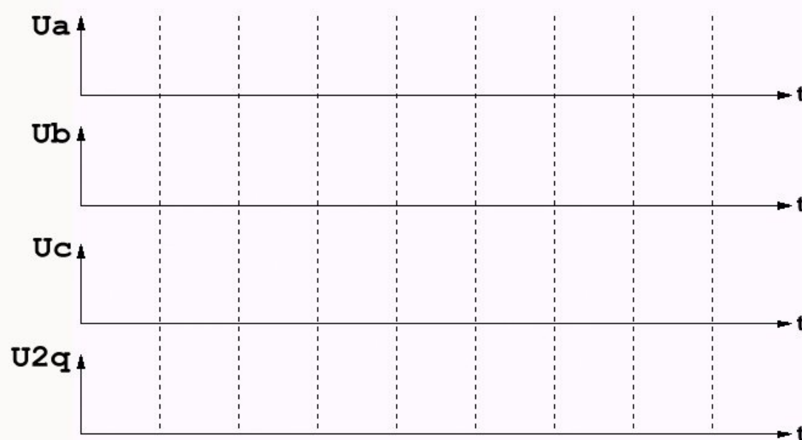
NAAM: 　　　　　　　　　　KLAS:

OEFENINGEN

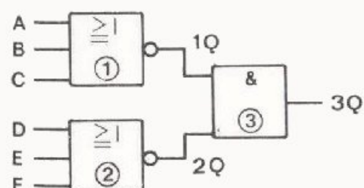
1. - Stel de waarheidstabel op van de schakeling met twee NOR's.
   - Maak daarna het spannings-tijd-diagram af.



A	B	C	1Q	2Q



2. - Geef de functie van onderstaande schakeling algebraïsch weer.



1Q =

2Q =

3Q = 　　　　=

3. – Laat met behulp van waarheidstabellen zien dat de functies

$Q1 = \overline{A + B}$ en $Q2 = \overline{A} + \overline{B}$ niet gelijk zijn.

A	B	A + B	Q1

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	Q2

★

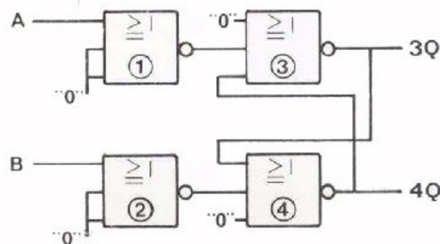
4. – Laat ook zien dat de functies $Q1 = \overline{A . B}$ en $Q2 = \overline{A} . \overline{B}$ niet dezelfde zijn.

A	B	A . B	Q1

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	Q2

★

5. Onderstaande schakeling heeft als begintoestand aan de ingang A = 0 en B = 1. Vul de volgorde-tabel van een aantal achtereenvolgens optredende toestanden verder in.



A	B	1Q	2Q	3Q	4Q
0	1				
1	1				
1	0				
1	1				
0	0				

- Dit is een [ ] -schakeling.
- De ONTHOUD-toestand is: A = [ ] en B = [ ]
- De VERGEET-toestand is: A = [ ] en B = [ ]

★ Vergelijk de linkertabel van opg. 3. met de rechtertabel van opg. 4. Hieruit blijkt dat:

$\overline{A + B} =$

Uit de andere twee tabellen blijkt dat:

$\overline{A . B} =$

D E M O D U L L E N V O O R D I G I T A L E S C H A K E L I N G E N

INLEIDING

In deze les maakt u kennis met de *modullen* voor het opbouwen van digitale schakelingen op het oefenpaneel. Een modul is een doosje van kunststof dat een losse IC of een andere elektronische schakeling bevat. Op de bovenzijde van het doosje zijn drie strippen aangebracht. Afhankelijk van de elektronische functie van de schakeling kunnen de strippen zijn voorzien van verende contacten met een IC-voetje - schakelaars - of lichtgevende dioden (LED's).

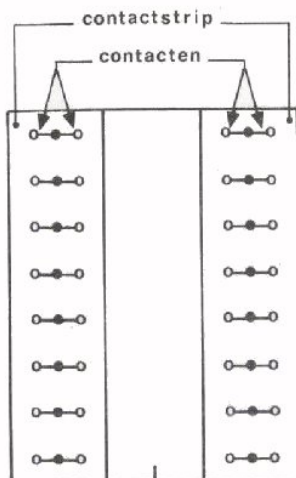
De bodem is voorzien van contactpennen, die in de contacten van het oefenpaneel passen. Via de contactpennen wordt de elektronische schakeling in het doosje voorzien van voedingsspanning. De overige aansluitingen van de schakeling zijn verbonden met de contactstrippen op de bovenzijde. De modullen kunnen op het oefenpaneel gebruikt worden in combinatie met componenten op twee- en vierpolen. Met schakelsnoertjes en kortsluitstrippen kunnen de modullen onderling en met de twee- en vierpolen worden doorverbonden.

Op deze wijze is het mogelijk eenvoudige en ingewikkelde digitale schakelingen snel op te bouwen. Indien in een volgende les een nieuwe modul wordt gebruikt in een opdracht, zal een korte omschrijving van de functie en het gebruik van de modul worden gegeven. Voor het uitvoeren van de opdrachten in deze en de volgende lessen zijn op blad 2 het aantal en de soort modullen vermeld, dat per meetpaar gebruikt gaat worden.

Aantal	Soort modul
1	Voedings-
1	Blokgenerator-
1	Schakelaar-
1	Indicator-
1	Teller-
1	Uitlees-
1	4 NAND-
2	3 NAND-
2	2 JK-flip flop-
1	3 NOR-
1	4 NOR-

In deze les bespreken we de voedings-, de indicator-, de blokgenerator-, de schakelaar- en de drie- en vier-NOR-modul. Na elke inleiding van een modul volgt een opdracht. We bouwen in deze les met de NOR-modullen een viertal schakelingen op het paneel. De NOR-functie kent u al uit de vorige les.

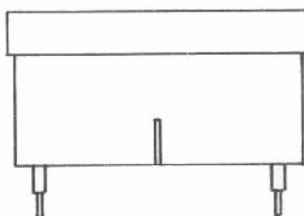
OPBOUW VAN EEN MODUL



Bovenaanzicht

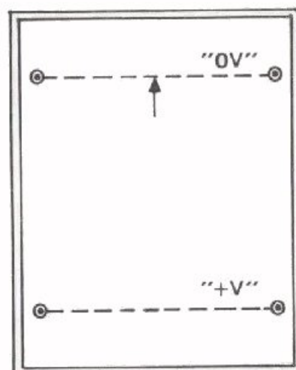
Hiernaast is van een modul respectievelijk het boven-, het voor- en het onderaanzicht getekend. De eenheid bestaat uit een doosje van kunststof. Op de bovenzijde zijn meestal twee contactstrippen aangebracht. Elke strip is voorzien van 8 dubbelpolige veercontacten. In deze contacten passen de 1,6 mm stekerpennen van de bijbehorende schakelsnoertjes.

De bodem is voorzien van vier contactpennen. Deze pennen passen in de veercontacten op het oefenpaneel. De contactpennen zijn paarsgewijs elektrisch doorverbonden. Met de verbindingsstrippen kan op het paneel de +V voeding doorverbonden worden met een volgende modul. Dit kan eveneens met de 0 V voeding.



Vooraanzicht

In verband met de stand waarin de modul op het paneel moet worden geplaatst, zijn twee merktekens aangebracht. Het ene merkteken is aangebracht op de bodem in de vorm van een pijl tussen de 0 V contactpennen. Het tweede merkteken is aangebracht op de korte voorzijde van het doosje in de vorm van een streepje.



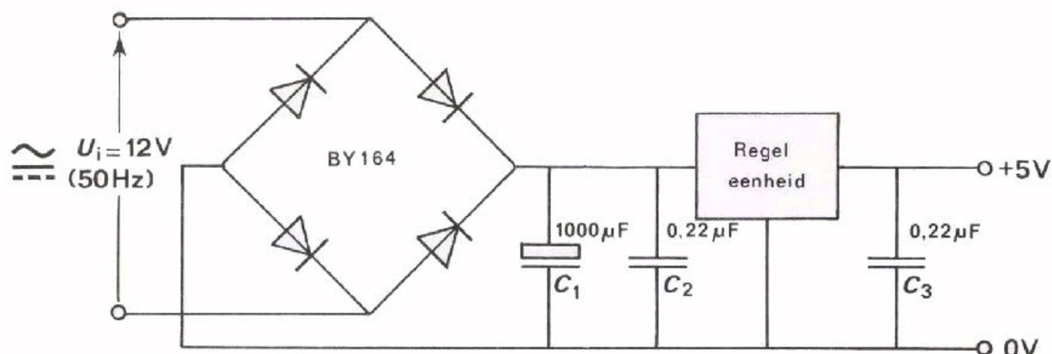
Onderaanzicht

Indien u het paneel in de lengterichting voor u hebt liggen, moet de modul zodanig op het paneel worden geplaatst, dat de merktekens naar u toe zijn gericht.

Afspraak. *Het streepje op de korte zijde in het bovenaanzicht van een modul geeft de zijde van de merktekens aan.*

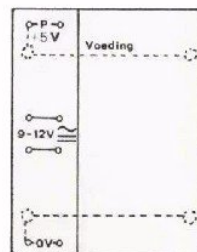
DE VOEDINGSMODUL

In deze eenheid is een voedingsschakeling ingebouwd. Op de ingangsklemmen of minimaal 9 V worden aangesloten.
De polariteit van de gelijkspanning is willekeurig. Aan de uitgangsklemmen wordt dan een gestabiliseerde gelijkspanning van 5 V afgegeven.
De maximale uitgangsstroom bedraagt 500 mA.



Met een bruggelijkrichter en een buffercondensator C_1 wordt de wisselspanning omgezet in een gelijkspanning. De gelijkspanning wordt door de regeleenheid omgezet in een gelijkspanning van 5 V. Wordt de voeding overbelast dan schakelt de regeleenheid de uitgangsspanning af.

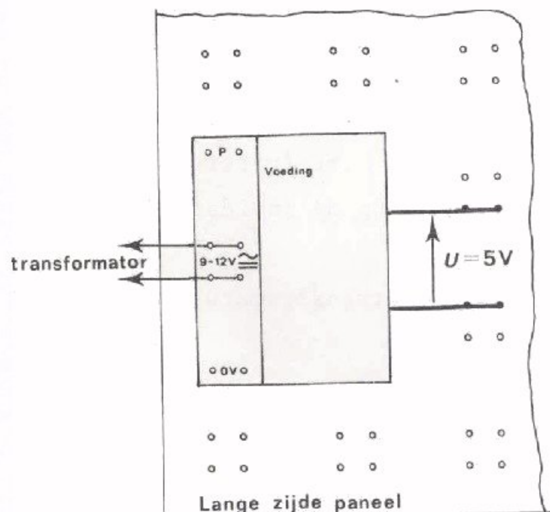
Hiernaast zijn de plaatsen van de aansluitingen op de contactstrippen van de modul aangegeven.
De wisselspanning moet met snoertjes worden aangesloten. De gelijkspanning van 5 V kan zowel worden afgenomen van de contactpennen met verbindingsstrippen als van de veercontacten met schakelsnoertjes.
Voor de wisselspanning gebruiken we een transformator 220 V/12 V.



CONTROLE VAN EEN MODUL

Bouwen we een schakeling op het oefenpaneel dan kan het voorkomen dat deze schakeling niet goed werkt. De oorzaak kan zijn, een verkeerde verbinding of een defect onderdeel of beide.
Een fout opsporen in een complete schakeling vergt veel tijd, zeker als het een combinatie van fouten betreft. Daarom moeten we er zeker van zijn dat de modullen in orde zijn, vóórdat we de schakeling gaan opbouwen.
Het controleren van een modul vraagt weinig tijd, als we dit volgens een praktische methode doen. Voordat we deze methode bespreken, bekijken we eerst eens nauwkeurig de voedingsmodul.

OPDRACHT: CONTROLE VAN DE VOEDINGSMODUL



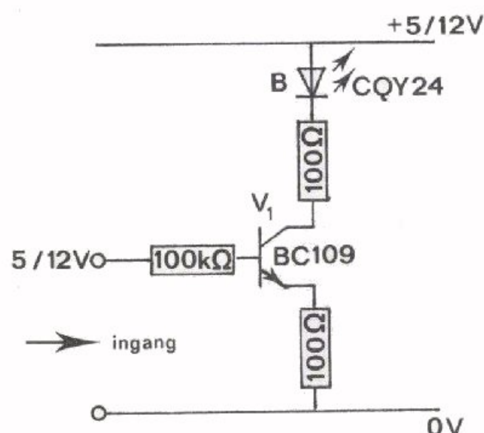
- Sluit de voeding aan op de 12 V wikkeling van een transformator.

- Schakel de netspanning in.

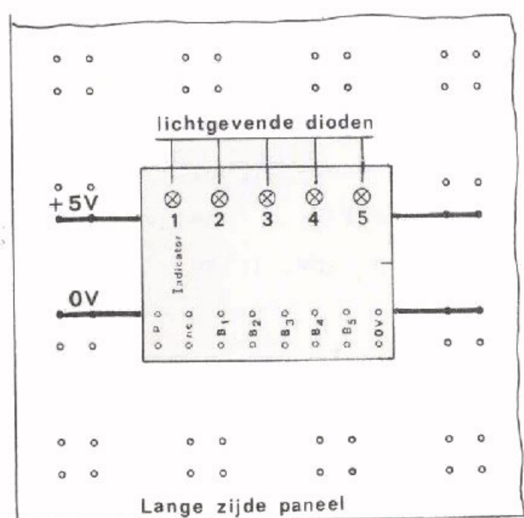
- Meet met een universeelmeter de spanning van de voeding in onbelaste toestand.

U =

DE INDICATORMODUL



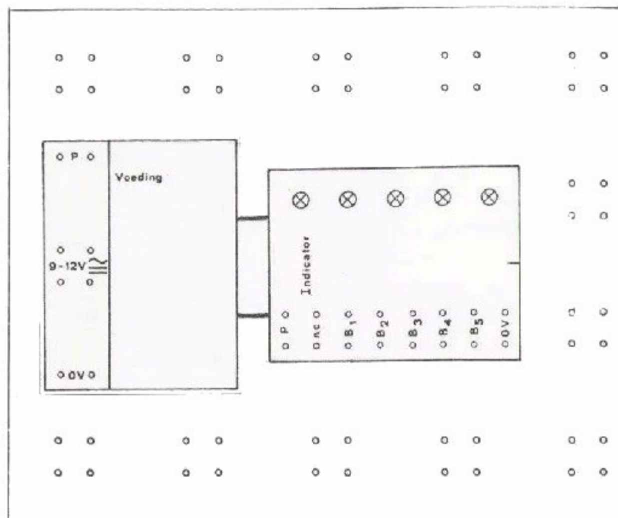
teerd. Elk van de vijf schakelingen bestaat uit een transistor (V_1), een lichtgevende dioden B en drie weerstanden. De uitleesschakeling is bedoeld om te signaleren of op één punt wél of géén spanning aanwezig is, dus om de toestanden "0" en "1" zichtbaar te maken.
Is de ingang van een uitleesschakeling "1", dan licht de diode B op. Is de ingang "0", dan licht de diode B niet op.



De modul kan zowel in lengte- als in dwarsrichting op het paneel worden geplaatst.

Hiertoe is de contactpen rechtsboven met de + V voeding verbonden en de contactpen linksonder met de 0 V voeding. Linksonder is bij het merkteken gezien op de bovenzijde.
Het P-contact op de bovenzijde is inwendig verbonden met de +5 V voeding en het 0-contact met de 0 V voeding.

OPDRACHT: CONTROLE VAN DE INDICATORMODUL



- Plaats de voeding en de indicator op het paneel.

- Sluit met kortsluitstrippen de voeding aan op de indicator.

- Sluit de transformator aan op de voeding.

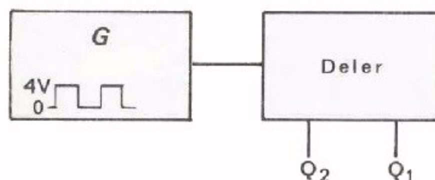
- Schakel de netspanning in.

- Verbind achtereenvoleens het P-contact met de ingangen B1, 2, 3, 4 en 5

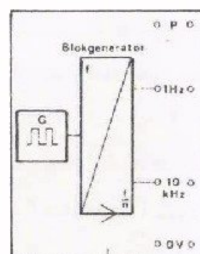
- Als telkens de LED's oplichten is de indicator in orde.

DE BLOKGENERATORMODUL

De vrijlopende generator G wekt een symmetrische blokspanning op met een frequentie van ongeveer 20 kHz. Dit signaal wordt toegevoerd aan een *deler*.



De deler deelt het signaal van 20 kHz door 10^4 en/of 2 maal, zodat aan uitgang Q_1 een blokspanning van 1 Hz en aan uitgang Q_2 een blokspanning van 10 kHz wordt verkregen.



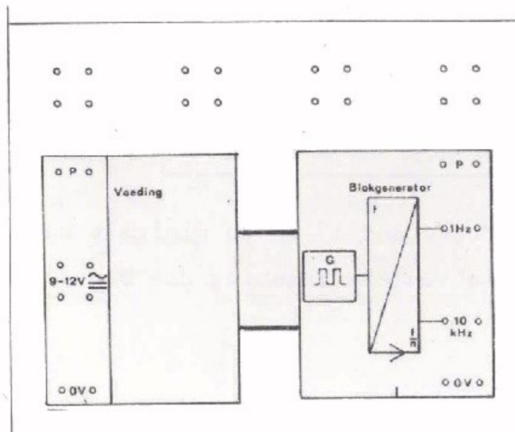
De symmetrische blokspanningen hebben een top-topwaarde van minimaal 3,5 V.
Op de respectievelijke uitgangen kunnen maximaal tien ingangen van andere modullen worden aangesloten.

Hoe deze spanningen er uit zien, zullen we in deze les in een opdracht bekijken.

De blokgenerator werkt op een voedingsspanning van 5 V. Deze voedingsspanning moet op de contactpennen worden aangesloten.

OPDRACHT: CONTROLE VAN DE BLOKGENERATORMODUL

- Plaats de voeding en de blokgenerator op het paneel.



- Sluit de generator met kortsluitstrippen aan op de voeding.
- Sluit de voeding aan op de transformator.
- Schakel de netspanning in.
- Verbind de ingangen Y_A en Y_B van een dubbelstraaloscilloscoop met respectievelijk de uitgangen Q_1 (1 Hz en Q_2 (10 kHz) van de blokgenerator.

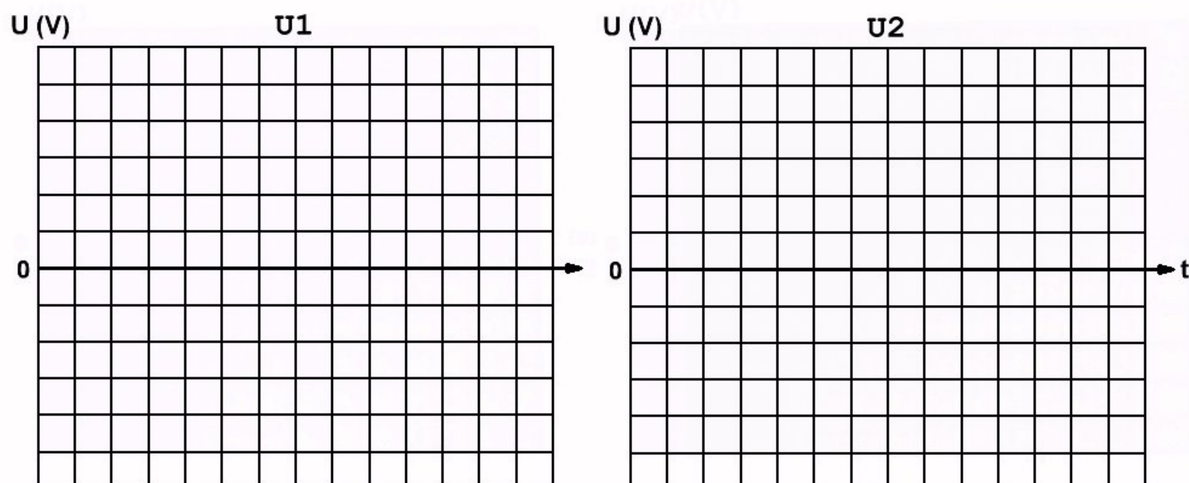
- Bepaal zo nauwkeurig mogelijk de frequentie van het signaal op uitgang Q_1 resp. Q_2.

f_1 = ☐ f_2 = ☐

- Bepaal de topwaarde van de spanning op de uitgang Q_1 resp. Q_2.

$U_{t(1)}$ = ☐ $U_{t(2)}$ = ☐

- Teken de uitgangsspanning u_1 resp. u_2.



- Schakel de netspanning uit en verwijder de verbindingen.

Conclusie: De uitgangsspanning heeft in alle gevallen een maximale waarde en een minimale waarde.

- De maximale waarde is **positief/nul/negatief**

- De minimale waarde is **positief/nul/negatief**

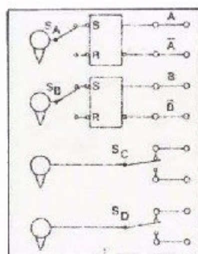
Noemen we de maximale waarde "toestand 1" en de minimale waarde "toestand 0", dan kunnen we spreken van een spanning die beurtelings "1" en "0" is.

- "1" komt overeen met [ ] V

- "0" komt overeen met [ ] V

DE SCHAKELAARMODUL

Op deze eenheid zijn vier enkelpolige omschakelaars S_A, S_B, S_C en S_D gemonteerd. Deze modul wordt gebruikt om een schakeling afwisselend met "1" of "0" te sturen.



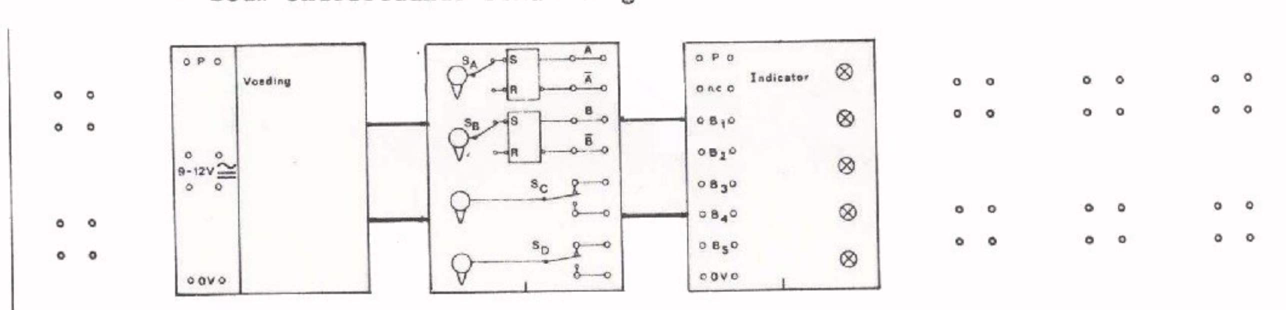
Twee van de vier schakelaars zijn via zogenaamde anti-denderschakelingen met de uitgangen verbonden. Deze anti-dender schakelingen komen later in D16 nog uitvoeriger ter sprake. We volstaan nu met te vertellen dat ze nodig zijn omdat de contacten van mechanische schakelaars kaatsen of denderen. Dit kaatsen zorgt ervoor dat soms reeksen impulsen worden aangeboden in plaats van de bedoelde enkele impuls. Door middel van een SR-flipflop worden de hinderlijke gevolgen van het denderen weggewerkt.
De SR-flip flop's op deze schakelaarmodul zijn opgebouwd met NAND's. Hoe dit gebeurt komt in de volgende les ter sprake.

Het middencontact van S_A en S_B is met "0" doorverbonden, daarom komt op A en op B een "1" als de hefboompjes van S_A èn S_B omhoog staan. Tegelijkertijd staat dan op $\overline{A}$ en op $\overline{B}$ een "0".
Drukt u de hefboom omlaag dan verandert de 1 in 0 en omgekeerd.

Het middencontact van S_C en S_D kan naar keuze met "0" of "1" worden doorverbonden. De keuze wordt hier bepaald door de soort schakeling die bediend moet worden, namelijk of een zwevende ingang zich gedraagt als een "0" of als een "1".

OPDRACHT: CONTROLE VAN DE SCHAKELAARMODUL

- Bouw onderstaande schakeling.



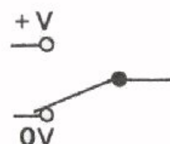
- Verbind A met lamp B_1 en $\overline{A}$ met B_2 van de indicatormodul.
- Zet S_A omhoog: B_1 brandt, dus A = 1
  B_2 brandt niet, dus $\overline{A}$ = 0.

- Zet S_A omlaag: B_1 **licht op/licht niet op** en A = ☐

  B_2 **licht op/licht niet op** en $\overline{A}$ = ☐

- Herhaal de opdracht met S_B.
- Verbind schakelaar S_C op de volgende manier:
- het bovenste contact met de +V voeding ("1") en
- het onderste contact met de 0 V voeding ("0") en
- het midden contact met de ingang van de schakeling die we willen sturen,

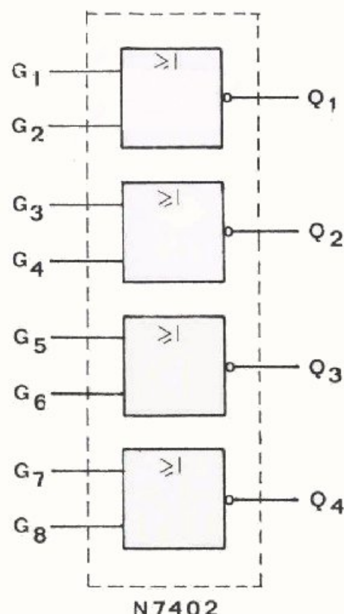
dan is:
- schakelaar omhoog - ingang "1" en
- schakelaar omlaag - ingang "0".



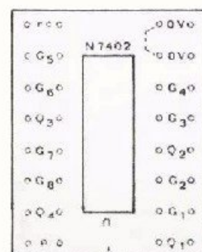
- Herhaal het tweede deel van de opdracht met S_D.

DE 4 NOR MODUL

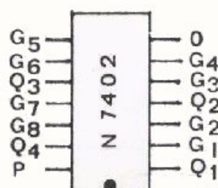
In deze modul is een IC met 4 NOR-functies ondergebracht van het type N7402. Elke NOR-schakeling heeft twee ingangen en een uitgang. Hieronder zijn de 4 NOR-functies getekend, die in het IC zitten.
Daarnaast is het schema gegeven van één zo'n NOR-functie.



N7402



4 NOR modul

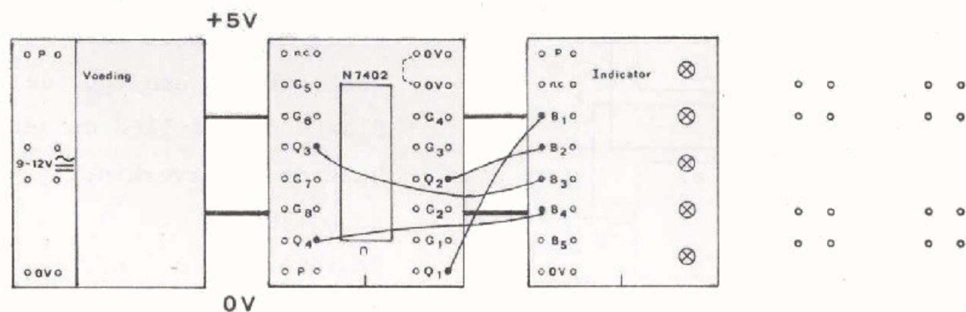


Hiernaast is aangegeven hoe de NOR-functies met de contacten op het modul en met de contacten van het IC zijn verbonden.
Het IC-blokje N7402 heeft 14 aansluitpennen (2 x 7); het IC-voetje op de modul 16 (2 x 8).
n.c. betekent dat het betreffende contact niet gebruikt wordt (not connected)
Het P-contact linksonder op de modul is inwendig verbonden met de +V-contactpennen. Het 0 V contact rechtsboven op de modul is inwendig verbonden met de 0 V contactpennen. Verbind met een kort snoertje het 0 V contact (rechtsboven) door met het 0 V contact van de schakeling (zie gestippelde lijn op het bovenaanzicht van de modul).
De NOR's moeten worden aangesloten op een voedingsspanning van 5 V.

OPMERKING: Bij de NOR N7402 is een zwevende ingang wel van invloed op de werking van de NOR. Een niet gebruikte ingang moet daarom altijd met "0" verbonden worden.

OPDRACHT: CONTROLE VAN DE 4 NOR-MODUL

- Plaats de voeding-, de indicator- en de 4 NOR-modul op het paneel zo-als hieronder is aangegeven en breng tevens de juiste doorverbindingen aan.
- Sluit de voedingsmodul aan op de 12 V-wikkeling van een transformator.
- Schakel de netspanning in.
- Verbind de uitgangen Q_1, Q_2, Q_3 en Q_4 van de NOR's met respectievelijk B_1, B_2, B_3 en B_4 van de indicatormodul.



- De diode B_1 op de indicator [licht op/licht niet op]
- De diode B_2 op de indicator [licht op/licht niet op]
- De diode B_3 op de indicator [licht op/licht niet op]
- De diode B_4 op de indicator [licht op/licht niet op]

- Bij zwevende ingangen G1 en 2, G3 en 4, G5 en 6, G7 en 8 geldt dus

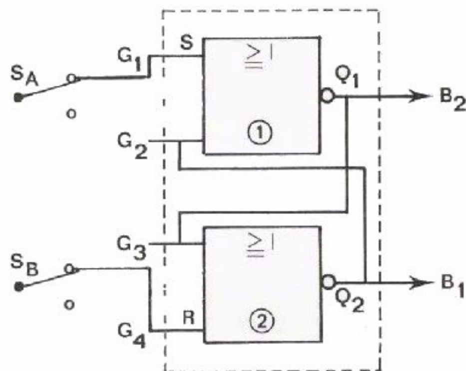
Q_1 = ["1"/"0"] Q_2 = ["1"/"0"] Q_3 = ["1"/"0"] Q_4 = ["1"/"0"]

- Verbind van elke NOR één van de ingangen met 0 V.
- Controleer of dan geldt dat Q = "0".
- Verbind nu de tweede ingang van elke NOR ook met 0 V.
- Controleer of nu geldt dat Q = "1".
- Schakel de voeding uit en breek de schakeling af.

In de nu volgende opdracht bouwen we een SR-flip flop met NOR's. Door deze opdracht krijgt u een beter inzicht in de theorie van de vorige les. U doet ook ervaring op in het opbouwen van schakelingen met modullen op dit paneel.

OPDRACHT: SR - FLIP - FLOP OPGEBOUWD UIT TWEE NOR'S

- Controleer een 4 NOR-modul.
- Schakel de netspanning uit.
- Bouw op het oefenpaneel de SR-flip-flop waarvan hieronder het blokschema is getekend en let daarbij op de volgende punten.

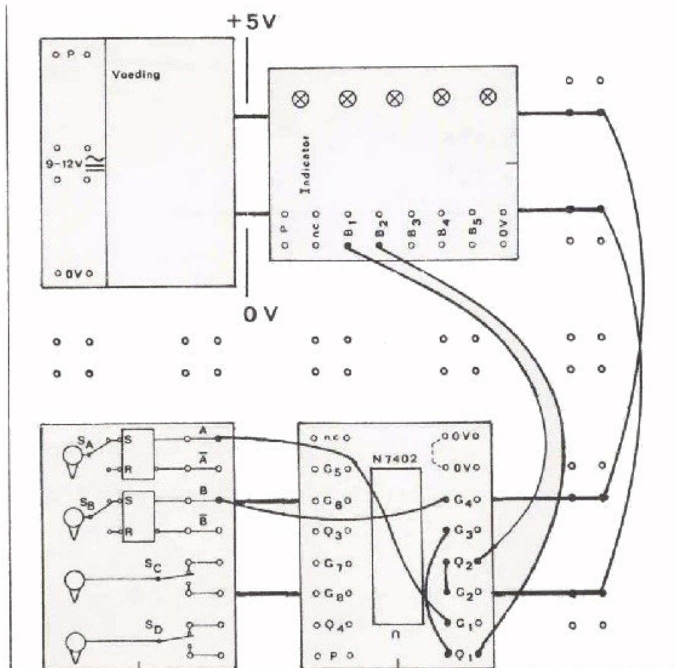


- Hieronder is een opstelling van de modullen op het paneel getekend.
- Breng een aantal tweepooltjes met kortsluiting aan voor de voeding
- Plaats de modullen op het paneel.
- Houd de snoerverbindingen zo kort mogelijk.
- Schakel de voedingsspanning in.

- Voer met de schakelaars S_A en S_B aan de ingangen S en R van de flip-flop de toestanden "0" en "1" toe volgens nevenstaande volgordetabel.

- Lees bij elke toestand van S en R de toestand van Q_1 en Q_2 af op de indicator (B_1 en B_2) en vul deze in de tabel in.

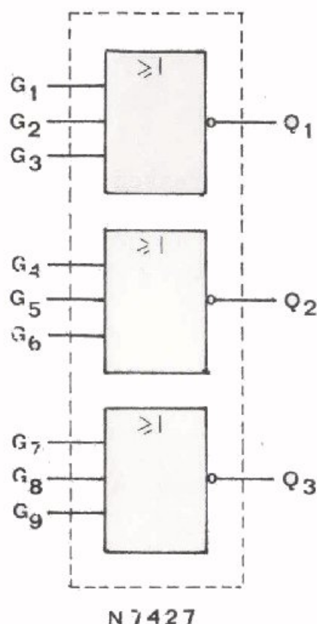
S	R	Q_1	Q_2
1	0		
0	0		
0	1		
0	0		
1	1		
1	0		
1	1		
0	1		
1	1		
1	0		
0	0		



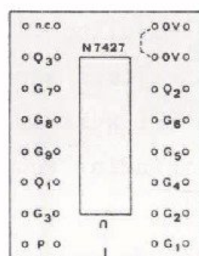
- Schakel de voedingsspanning uit en breek de schakeling af.

DE 3 NOR MODUL

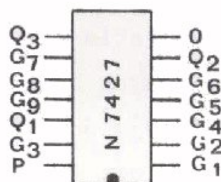
In deze modul is een IC met 3 NOR-functies ondergebracht van het type N7427. Elke NOR-schakeling heeft drie ingangen en een uitgang. Hieronder zijn de NOR-funeties getekend die in het IC zitten. Daarnaast is de NOR-functie zelf in een schema weergegeven.



N7427



3 NOR modul



Hiernaast is aangegeven hoe de NOR-functies met de contacten van de modul en van het IC zijn doorverbonden.

Voor het aansluiten van deze modul op het paneel en op de voeding gelden dezelfde regels als voor de N7402 modul (zie blad 10).

OPDRACHT: CONTROLE VAN DE 3 NOR MODUL

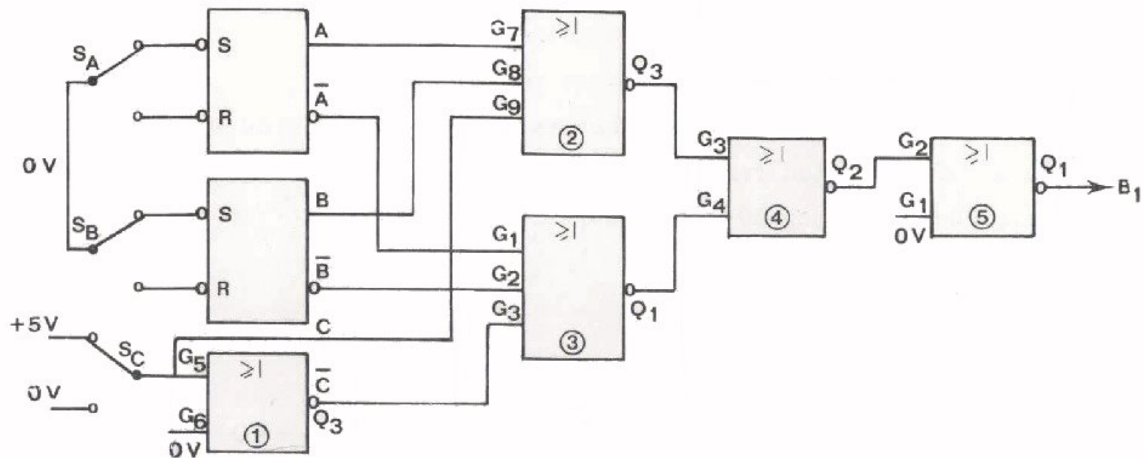
- Deze opdracht wordt uitgevoerd op dezelfde manier als de controle van de 4 NOR modul van blad 11.
- Controleer of de conclusies geldig voor de 4 NOR modul ook gelden voor de 3 NOR modul.

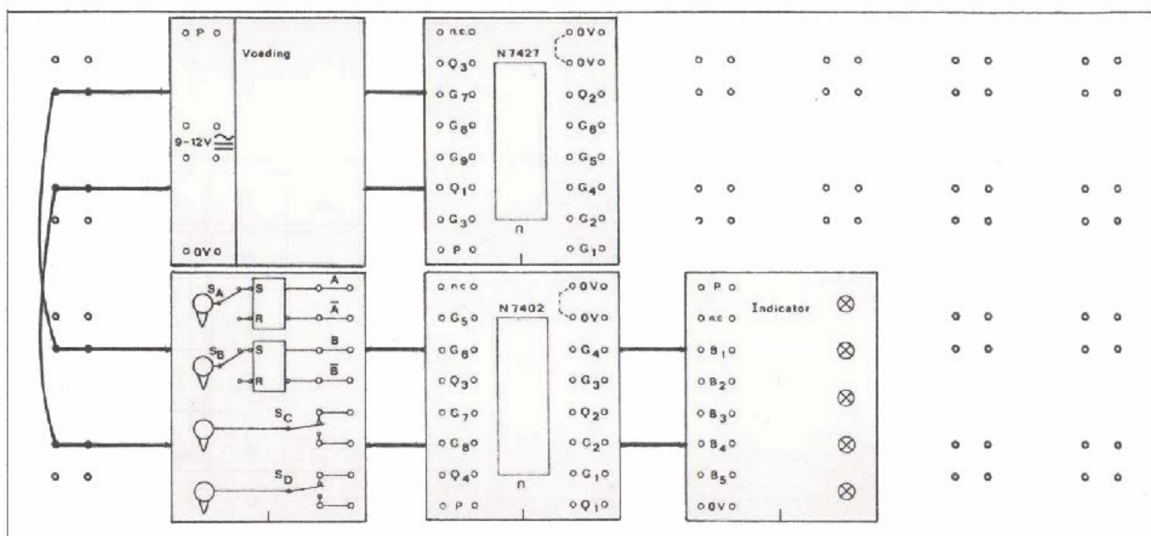
U beschikt nu over twee NOR modullen:
- de N7402 die 4 NOR's met 2 ingangen ieder bevat,
- de N7427 die 3 NOR's met 3 ingangen ieder bevat.

In de volgende opdrachten gaat u deze NOR modullen toepassen.

OPDRACHT: EEN SCHAKELING BESTAANDE UIT VIJF NOR's

- Controleer de te gebruiken NOR-modullen.
- Schakel de voedingsspanningen uit.
- Bouw de gegeven schakeling op uw paneel en let hierbij op het volgende.
- Een deel van het paneel met daarop de benodigde modullen is hieronder getekend. In de NOR-modullen zijn in cirkeltjes cijfers geplaatst, die corresponderen met de cijfers in de blokken van het schema.
- Zet in het schema een dun streepje door elke verbinding zodra die is aangebracht. U voorkomt hiermee dat een verbinding wordt vergeten.
- Zoals eerder gezegd levert de schakelaarmodul ook de omgekeerde waarde van de signalen A en B, dit m.b.v. de ingebouwde SR-flip flop. Schakelaar S_C echter geeft alléén de waarde van C zodanig dat NOR ① gebruikt moet worden om $\overline{C}$ te verkrijgen.
- Ongebruikte ingangen moeten met 0 V doorverbonden worden.

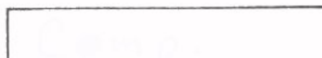




- Sluit de voedingsspanning aan.
- Noteer in de waarheidstabel voor de verschillende ingangstoestanden van D E en F de bijbehorende uitgangstoestanden 7 Q.
- Schakel de voedingsspanning uit en breek de schakeling af.

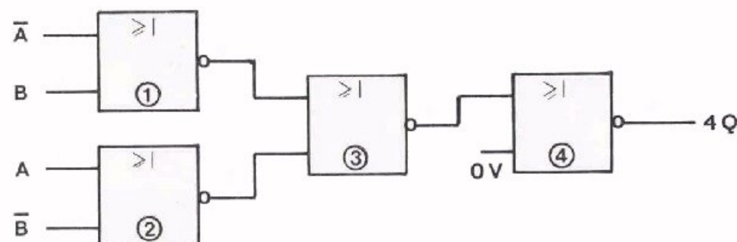
A	B	C	5Q
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

CONCLUSIE

De schakeling verricht de  functie.

OPDRACHT: NOG EEN SCHAKELING MET NOR's

- Bouw de gegeven schakeling op het paneel.
  De cijfers in de blokken van het schema corresponderen met de cijfers in de NOR-modullen van de vorige opdracht.
- Verbind de uitgang 4Q met ingang B_1 van de indicator-modul.



- Sluit de voedingsspanning aan.
- Noteer in de waarheidstabel de uitgangstoestand van 4Q.

A	B	4Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- Conclusie:
  De schakeling blijkt de [ ] functie te verrichten.
- Schakel de voedingsspanning uit en breek de schakeling af.

SAMENVATTING

- Voor het opbouwen van digitale schakelingen op het oefenpaneel zijn per meetpaar tien soorten modullen beschikbaar.

- Een modul is een universele eenheid. Deze eenheid bestaat uit een doosje van kunststof dat een elektronische schakeling bevat. De bodem bevat vier contactpennen. Op de bovenzijde zijn drie strippen aangebracht. Afhankelijk van de elektronische functie van de schakeling kunnen de strippen zijn voorzien van verende contacten - een IC-voetje - schakelaars- of lichtgevende dioden (LED's).

- De modullen kunnen gebruikt worden in combinatie met componenten op twee- en vierpolen.

- In deze les hebt u met de volgende eenheden kennis gemaakt:
  - de voedingsmodul,
  - de indicator-modul,
  - de blokgenerator-modul,
  - de schakelaar-modul,
  - de 2 NOR-modul.
  - de 3 NOR-modul.

- De gelijkspanningsvoeding is niet regelbaar en levert een spanning van 5 V bij maximaal 500 mA belasting. De voeding moet worden aangesloten op de 12 V wikkeling van een transformator of op een gelijkspanning van 9 à 12 V. Bij overbelasting schakelt de regeleenheid de spanning van 5 V af.

- Met de indicatormodul stellen we vast of op een punt van een schakeling wel of geen spanning aanwezig is. De LED licht op als op de betreffende ingangsspanning aanwezig is. De voedingsspanning is 5 V.

- De blokgenerator levert een symmetrische blokspanning met een topwaarde van ongeveer 3,5 V. Het lage niveau ligt op ongeveer 0,1 V. De frequenties zijn: 1 Hz en 10 kHz. Verbind de uitgangen van de generator *nooit* rechtstreeks met de + V of 0 V voeding.

- De schakelaarmodul hebben we toegepast in een schakeling voor het maken van nullen en enen.

- Er zijn twee NOR-modullen per meetpaar. Eén met 4 NOR's met elk 2 ingangen en één met 3 NOR's met elk 3 ingangen. In totaal dus zeven NOR-functies. De voedingsspanning is 5 V.

- De overige modullen worden in de volgende lessen behandeld.

- Voor iedere opdracht moet de te gebruiken modul op het paneel worden getest.

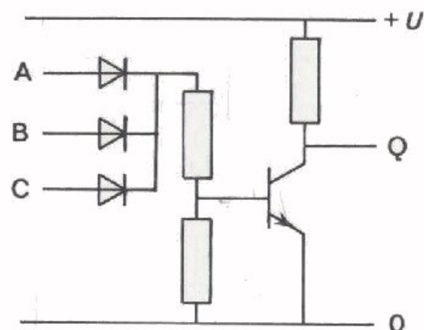
- Een uitleesmodul wordt vóór gebruik getest door de generatorspanning 1 Hz op de ingangen aan te sluiten.
  Dit is tevens een test voor de generator.

- Een NOR-schakeling wordt getest door de uitgang met een uitleesmodul te verbinden.
  Bij zwevende ingangen is de uitgang "0".

NAAM:

KLAS:

1. ● Geef het symbool van de volgende functie.



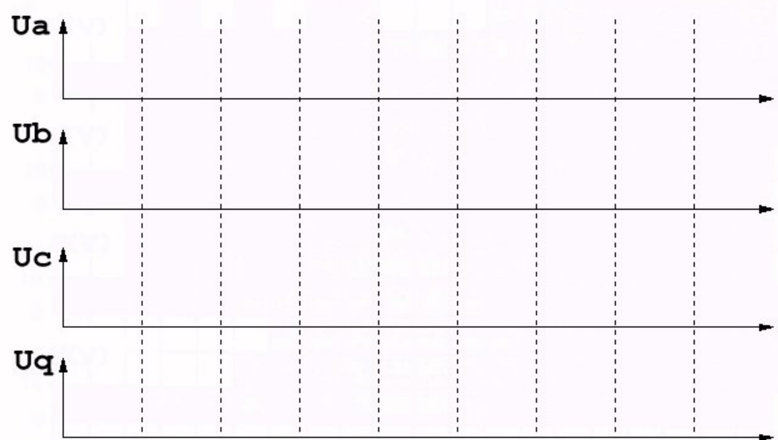
● Hoeveel combinatiemogelijkheden vinden we in de waarheidstabel van de schakeling.

Antwoord:

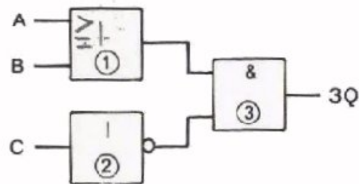
● Geef de algebraïsche notatie van de functie.

Q =

● Gegeven onderstaande signalen u_A, u_B en u_C.
$u_D \approx 0$ V als de diode geleidt.
- Teken de uitgangsspanning u_Q.



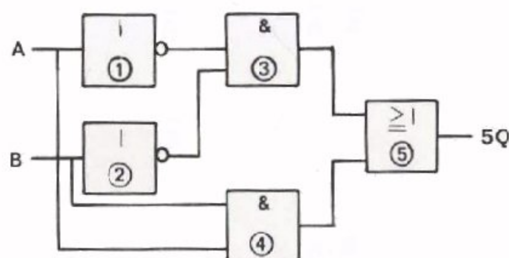
2. Vul de waarheidstabel in.



A	B	C	1Q	2Q	3Q
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

3.

Vul de waarheidstabel in.



A	B	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q

Dit is een ☐ functie.

De formule voor 5Q luidt: $5Q = \overline{A}.\overline{B} + A.B$

Vereenvoudig het 1e deel van deze formule met behulp van de stelling van de Morgan.

De formule wordt nu 5Q ☐

Teken de uitvoering van de schakeling aan de hand van de formule met behulp van NOT's - AND's en OR's.

Welke conclusie kunt u nu trekken als u de twee schakelingen vergelijkt?

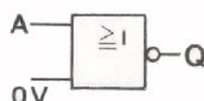
D 9

DE "NAND"

INLEIDING

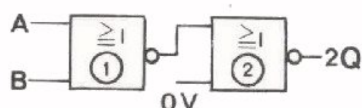
In D7 hebben we de NOR-functie besproken. In D8 hebben we een aantal metingen verricht aan modullen en schakelingen die uit NOR's waren opgebouwd. Bij het rechtstreeks doorverbinden van OR's en AND's treden verschuivingen op van het "0"- en het "1"-niveau. Om deze verschuivingen te voorkomen, is de NOR ontworpen. Met uitsluitend NOR's zijn álle basisfuncties zoals AND, OR, NOT en SR-flip flop te maken.

NOT



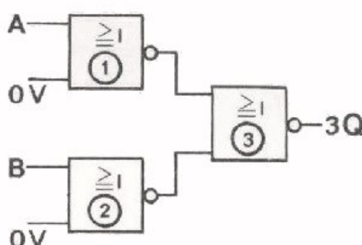
$Q = \overline{A}$

OR



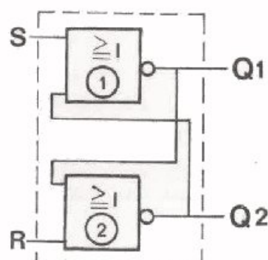
$2Q = A + B$

AND



$3Q = A \cdot B$

SR-FLIP-FLOP



S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0
1	1	0	0

Met uitsluitend NOR's kunnen we ook een comparator en een EX-OR maken.

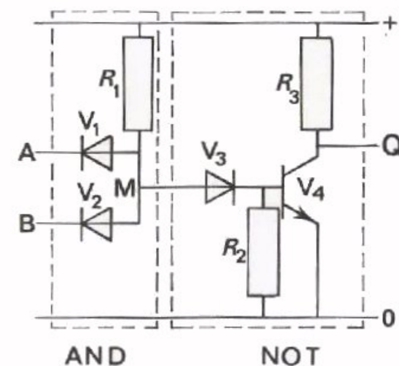
In deze les zullen we zien dat we alle basisfuncties ook kunnen maken met uitsluitend NAND's.

OPBOUW VAN DE NAND

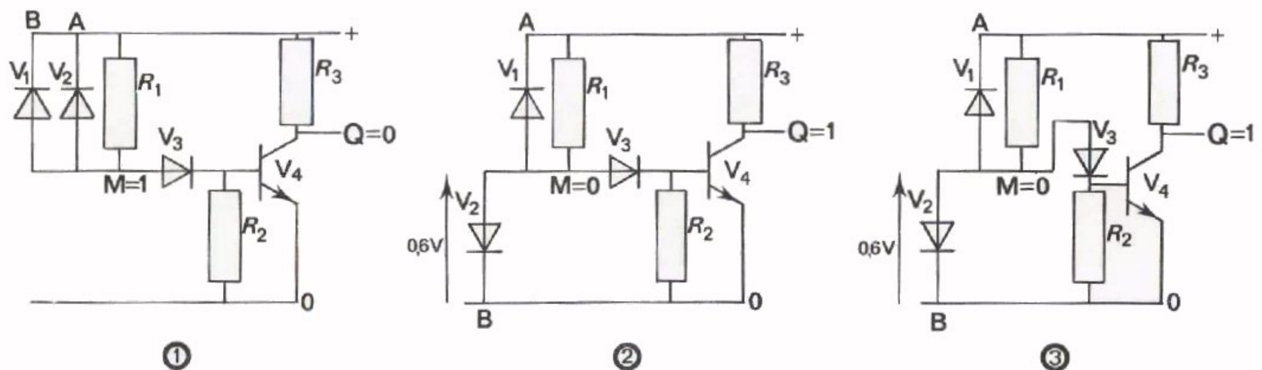
Waneer we AND's en OR's rechtstreeks doorverbinden, treden er ontoelaatbare verschuivingen van het "0"-niveau en het "1"-niveau op. We hebben dit zelf ervaren in een opdracht in D7. Om die verschuivingen te vermijden hebben we tussen de OR en de AND een transistorversterkertrap geschakeld. Hierdoor is de combinatie van een OR en een NOT ontstaan, die we de "NOR" noemen. Hiermee voorkomen we het verschuiven van niveau's. Bovendien kunnen we met deze combinatie élke gewenste functie maken.

Een andere mogelijkheid om niveauverschuivingen te voorkomen is de combinatie van een AND en een NOT. Deze combinatie noemen we de NAND. Ook met uitsluitend NAND's kunnen alle basisfuncties gemaakt worden.

Een praktische uitvoering van een NAND is hier getekend. Een AND wordt gevolgd door een NOT transistor in GES.



De werking is als volgt:



① Als A EN B met de + verbonden zijn, is de spanning op punt M "hoog" (M = 1).

Er vloeit een basisstroom via V_3 en de basis van V_4; de transistor geleidt en Q = 0.

② Ligt tenminste één ingang aan de 0, dan is de spanning op punt M "laag" (M = 0), omdat de bijbehorende diode (V_2) geleidend is. Tussen punt M en de basis is een diode V_3 aangebracht. De "lage" spanning (≃ 0,6 V) van punt M verdeelt zich over V_3 en de transistoringang waaraan de "lage" weerstand R_2 parallel staat. Hierdoor is U_{BE} ≃ 0,1 V; de transistor geleidt niet en Q = 1. Was diode V_3 niet aanwezig, dan zou de "lage" spanning (≃ 0,6 V) op punt M net voldoende zijn om de transistor in geleiding te brengen.

③ Parallel aan de transistoringang is een weerstand R_2 geschakeld. Deze R_2 moet klein zijn ten opzichte van de ingangsweerstand h_{IE} van de transistor, in het geval dat de transistor géén stroom voert. Hierdoor is de spanning over V_3 ≃ 0,5 V en de spanning over R_2 ≃ 0,1 V. De spanning over de transistoringang is dus véél kleiner dan de spanning over diode V_3. De U_{BE} van de transistor is dus ≃ 0,1 V en de transistor geleidt niet; Q = 1.

CONCLUSIE:

Als A = 1 EN B = 1 dan is Q = 0

Als A = 1 EN B = 0 ⎫
of A = 0 EN B = 1 ⎬ dan is Q = 1
of A = 0 EN B = 0 ⎭

De NAND wordt gevormd door de combinatie van een AND en een NOT.



Voor deze NAND is een symbool ingevoerd, dat een samentrekking is van het AND- en het NOT-symbool.

Vul de waarheidstabel in voor de AND/NOT-combinatie.

A	B	C	1Q	2Q
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

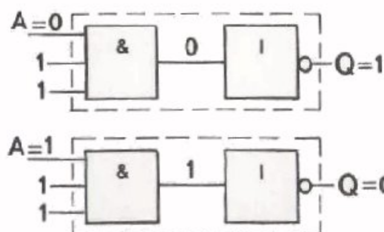


We zien: De uitgang van de NAND is alléén "0" als alle ingangen "1" zijn.

- Een NAND verricht eerst de AND-functie: → $1Q = A \cdot B \cdot C$
- Het verkregen signaal 1Q wordt door de NOT-functie omgekeerd tot: $\overline{1Q}$ = → $2Q = \overline{A \cdot B \cdot C}$

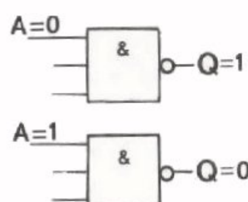
DE NOT-FUNCTIE MET NAND's

We gaan kijken hoe de voornaamste basisfuncties met uitsluitend NAND's gemaakt kunnen worden. We beginnen met de NOT-functie.

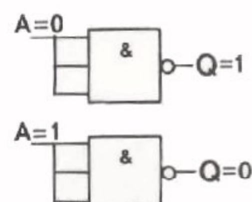


- De NAND gedraagt zich als NOT als we slechts één ingang gebruiken. Alle andere ingangen moeten dan "1" zijn.
  - als A = 0, dan is Q = 1
  - als A = 1, dan is Q = 0

Het maakt geen verschil wélke ingang van de NAND we gebruiken als we de overige ingangen maar "1" houden.



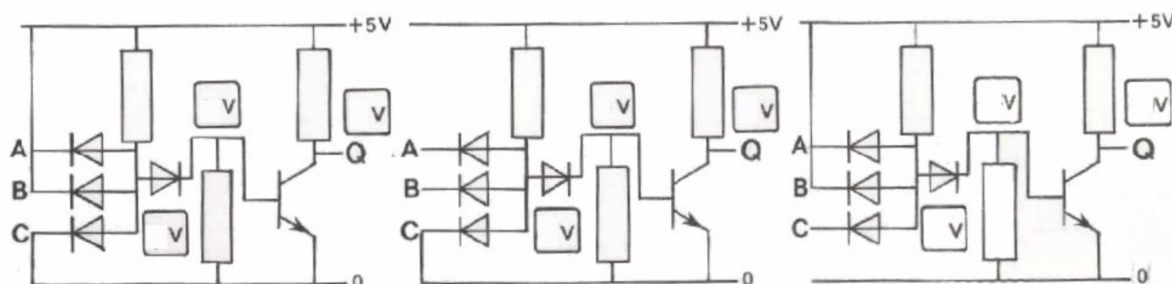
- De NAND gedraagt zich ook als NOT als we één ingang gebruiken en de andere ingangen laten zweven. Een zwevende NAND-ingang gedraagt zich evenals een zwevende AND-ingang alsof hij aangesloten was op "1".



- Ook is het mogelijk alle ingangen met elkaar te verbinden.

OEFENING

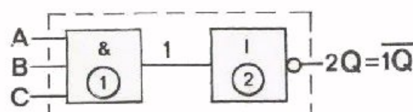
Zet de spanningswaarden in de aangegeven vakjes.



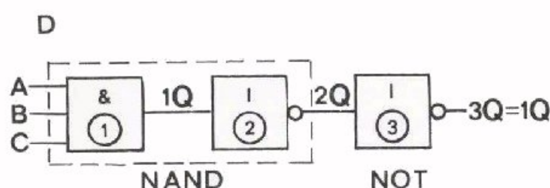
A =	Q =	A =	Q =	A =	Q =
B =		B =		B =	
C =		C =		C =	

DE AND-FUNCTIE MET NAND's

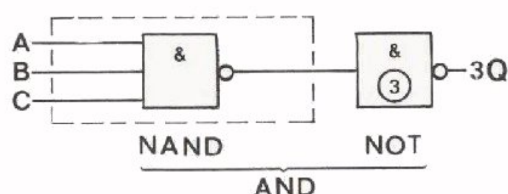
Hoe maken we een AND met uitsluitend NAND's ?



- Een NAND is in feite een AND, waarvan de uitgang geïnverteerd wordt.



- Inverteren we de uitgang van deze NAND nóg een keer, dan krijgen we de oorspronkelijke uitgangsinformatie van de AND terug.

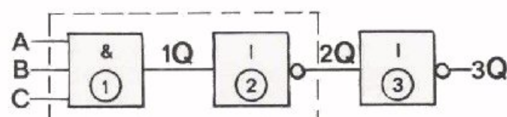


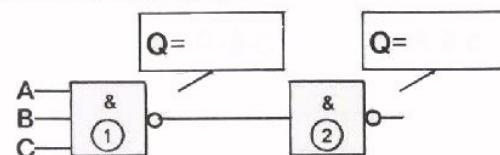
- Gebruiken we een NAND als NOT dan kunnen we met behulp van twee NAND's een AND maken.

OEFENING

- Vul eerst de AND-kolom in.
- Vul daarna de waarheidstabel in.
- Geef de algebraische notatie in de onderste figuur.

A	B	C	1Q	2Q	3Q	AND
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				





U ziet dat de NAND + NOT combinatie **wel/niet** overeenkomt met de AND;

OPMERKING

In *blokschema's* tekenen we de niet-gebruikte ingangen altijd zwevend. In de *praktijk* echter zullen de ingangen van de NAND doorgaans verbonden zijn met de +, de ingangen van de NOR met de 0.

DE OR FUNCTIE MET NAND's.

Hoe maken we met uitsluitend NAND's een OR ? We maken hierbij gebruik van een andere stelling van De Morgan dan de reeds in D7 behandelde stelling ıg $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$. De gebruikte stelling van De Morgan luidt: $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$
We controleren de juistheid van deze bewering aan de hand van twee waarheidstabellen. Vul beide tabellen in.

$Q = \overline{A \cdot B}$

A	B	A . B	$\overline{A \cdot B}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

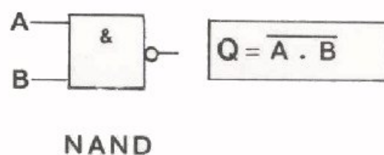
De waarheidstabellen zijn

GELIJK/~~ONGELIJK~~

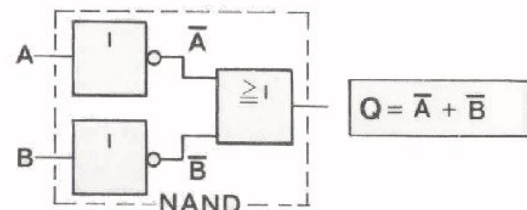
$Q = \overline{A} + \overline{B}$

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A} + \overline{B}$
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

$Q = \overline{A \cdot B}$ is de formule voor de NAND

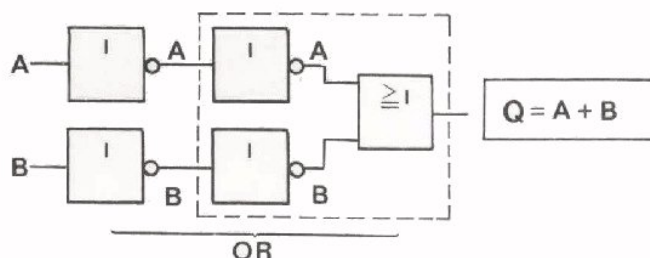


$Q = \overline{A} + \overline{B}$ is te verkrijgen uit een OR voorafgegaan door twee NOT's.

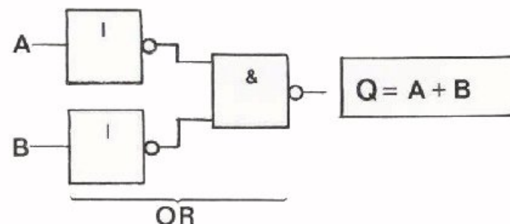


Omdat volgens De Morgan $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$, moet de rechter schakeling dezelfde functie hebben als de linker schakeling : de NAND-functie.

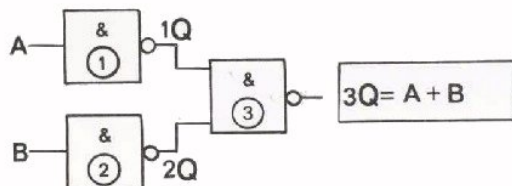
- Om een OR-functie te verkrijgen, moeten we in de formule $Q = \overline{A} + \overline{B}$ zowel de $\overline{A}$ als de $\overline{B}$ inverteren. Zetten we vóór beide ingangen van de "NAND" een NOT, dan krijgen we inderdaad: $Q = \overline{\overline{A}} + \overline{\overline{B}} = A + B$



- Om de functies gelijk te houden, moeten we hier óók twee NOT's toevoegen.



- Vervangen we de NOT's door NAND's, dan verkrijgen we de OR-functie met uitsluitend NAND's



Vul de waarheidstabel voor nevenstaande schakeling in.

A	B	1Q	2Q	1Q . 2Q	3Q

Dit is een ________ -functie.

OEFENINGEN

1. Vereenvoudig met behulp van "De Morgan":

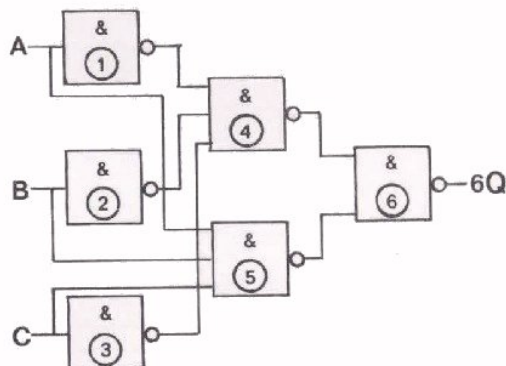
$\overline{\overline{A \cdot B}} =$ $\qquad$ $\overline{\overline{A} \cdot \overline{B}} =$

$\overline{\overline{A + B}} =$ $\qquad$ $\overline{\overline{A} + \overline{B}} =$

$\overline{\overline{A} \cdot B} =$ $\qquad$ $\overline{\overline{A} + B} =$

$\overline{A \cdot \overline{\overline{B \cdot C}}} =$ $\qquad$ $\overline{A + \overline{B \cdot C}} =$

2.



1Q =

2Q =

3Q =

4Q =

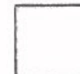
5Q =

6Q =

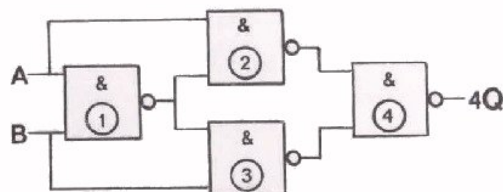
A	B	C	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q

De functie van de schakeling is

teken het schemasymbool



3.



1Q =

2Q =

3Q =

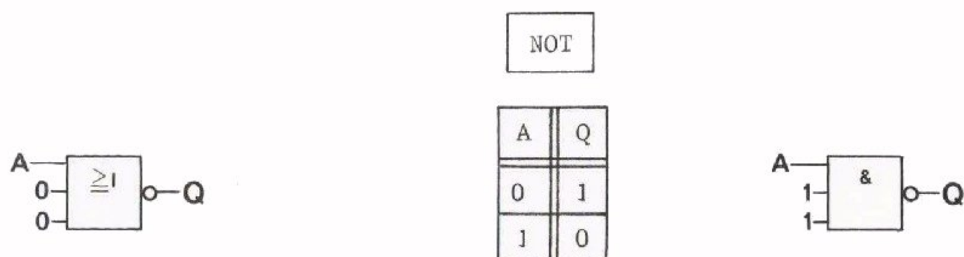
4Q =

A	B	1Q	2Q	3Q	4Q

De functie van de schakeling is

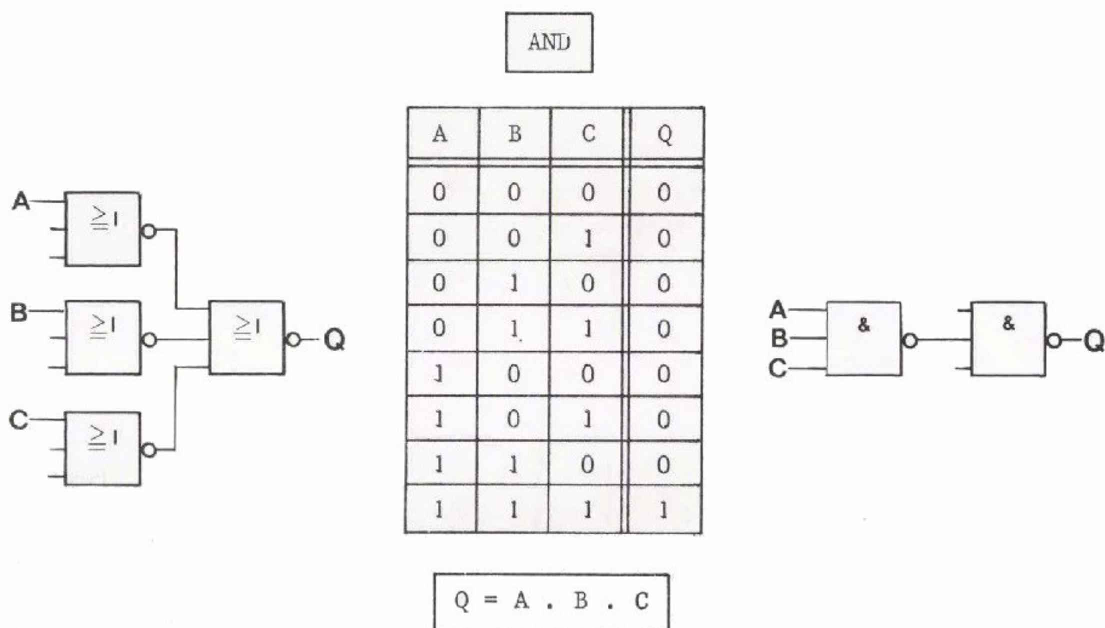
DE DRIE BASIS-FUNCTIES MET NOR's EN MET NAND's

We zien hier naast elkaar hoe de drie basis-functies NOT, AND en OR te maken zijn met uitsluitend NOR's óf met uitsluitend NAND's.



NOT

A	Q
0	1
1	0

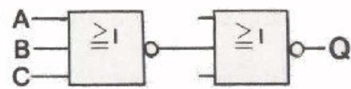


AND

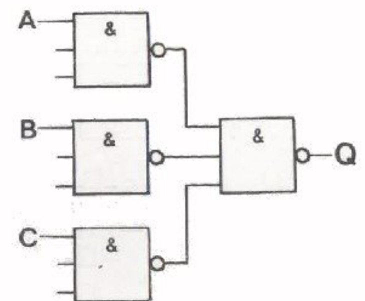
A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Q = A . B . C

OR

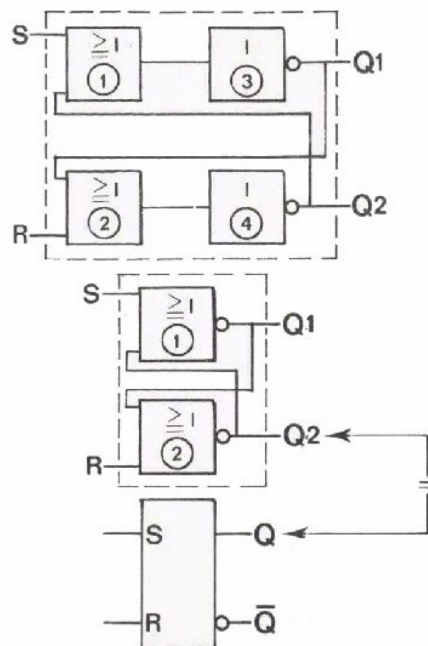


A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



$Q = A + B + C$

DE SR FLIP-FLOP MET NOR'S

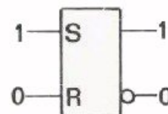


In de vorige lessen hebben we gezien dat we met twee OR/NOT-combinaties of twee NOR's een SR flip-flop kunnen maken.

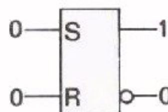
We geven hier nog eens:

- De schakeling met twee OR's en twee NOT's
- De schakeling met twee NOR's
- Het symbool van de SR flip-flop met twee NOR's. Daarin komt Q overeen met Q2.
- De volgordetabel.

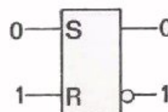
S	R	Q2	$\bar{Q}1$
1	0	1	Q
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	0	0



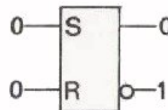
● Setten met "S = 1"



● Onthouden bij "S = 0 en R = 0"

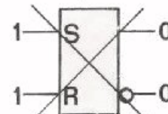


● Resetten met "R = 1"



● Onthouden bij "S = 0 en R = 0"

!



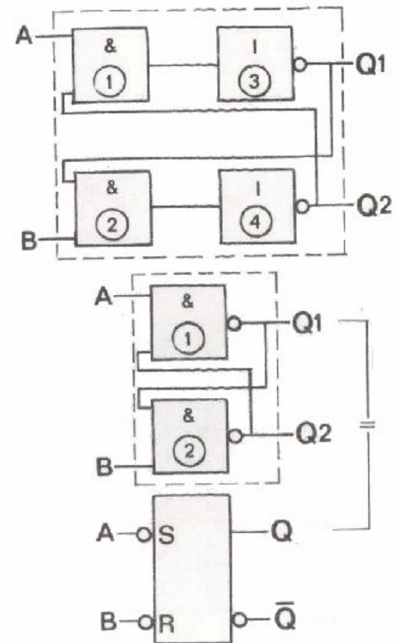
● Vergeten bij "S = 1 en R = 1"

LET OP: De uitgangstoestanden zij nu niet elkaars tegengestelde maar beide 0 !

LET OP ! We schrijven in met "1" aan de ingang. De NOR-flip-flop reageert niet op een "0" aan de ingang.

DE SR FLIP-FLOP MET NAND's

Met twee NAND's is op dezelfde manier een SR flip-flop te maken als met twee NOR's.

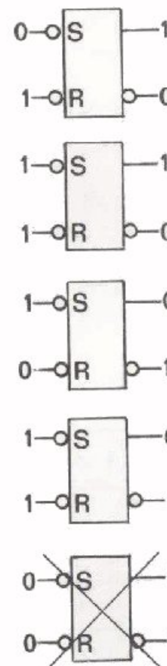


We geven hier:

- De schakeling met twee AND's en twee NOT's.
- De schakeling met twee NAND's
- Het symbool van de SR flip-flop met twee NAND's(cirkeltje aan de ingang) Q komt hier overeen met Q1.
- De volgorde-tabel

- Setten met "A = 0" (S = 1)
- Onthouden bij "A = 1 en B = 1" (S = 0 en R = 0)
- Resetten met "B = 0" (R = 1)
- Onthouden bij "A = 1 en B = 1" (S = 0 en R = 0)
- Vergeten bij "A = 0 en B = 0" (S = 1 en R = 1)

LET OP: De uitgangstoestanden zijn nu niet elkaars tegengestelde maar beide 1 !



S	R	Q1	Q2
0	1	1	0
1	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	1
0	0	1	1

!

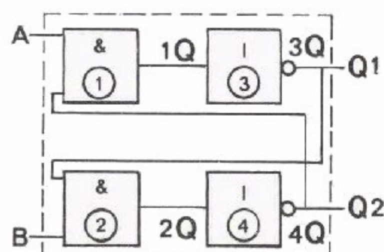
Vergelijken we de volgordetabel van de "2-NOR flip flop" met die van de "2-NAND flip-flop", dan zien we dat alle "enen" zijn veranderd in "nullen" en alle "nullen" in "enen".

LET OP: We schrijven in met "0" aan de ingang.
De NAND-flip-flop reageert niet op een "1" aan de ingang.

DE VOLGORDETABEL VAN DE 2-NAND FLIP-FLOP

Het is belangrijk dat we het *verschil* kennen tussen de SR flip-flop opgebouwd uit twee NOR's en de SR flip-flop opgebouwd uit twee NAND's. Op de vorige bladzijde hebben we gezien dat in de volgordetabel van de 2-NAND flip-flop alle toestanden tegengesteld zijn aan die in de volgordetabel van de 2-NOR flip-flop. Hoe komt dit? Om dit in te zien tekenen we de 2-NAND flip-flop nog eens opgebouwd uit twee AND's en twee NOT's.

A	B
0	1
1	1
1	0
1	1
0	0



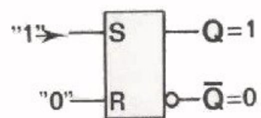
We gaan na of de volgordetabel van het vorige blad inderdaad voor deze schakeling geldt. We veronderstellen dat de gegeven A- en B- toestanden na elkaar optreden.

Als A = 0 en B = 1 dan is 1Q = 0 en 3 Q = 1 ⟶ Q1 = 1
Omdat 3Q = 1 en B = 1 is 2Q = 1 en 4Q = 0 ⟶ Q2 = 0
Op dezelfde manier vinden we:
als daarna A = 1 en B = 1, dan blijft 1Q = 0, 3Q = 1 ⟶ Q1 = 1
2Q = 1, 4Q = 0 ⟶ Q2 = 0
als daarna A = 1 en B = 0, dan wordt 2Q = 0, 4Q = 1 ⟶ Q2 = 1
1Q = 1, 3Q = 0 ⟶ Q1 = 0
als daarna A = 1 en B = 1, dan blijft 2Q = 0, 4Q = 1 ⟶ Q2 = 1
1Q = 1, 3Q = 0 ⟶ Q1 = 0
maken we A = 0 en B = 0, dan wordt 1Q = 0, 3Q = 1 ⟶ Q1 = 1
en 2Q = 0, 4Q = 1 ⟶ Q2 = 1 !

In volgorde-tabel is dit samengevat

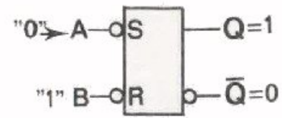
A	B	1Q	2Q	Q1	Q2
0	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	0	1
0	0	0	0	1	1

Bij A = 0 en B = 1 volgt Q1 = 1 en Q2 = 0. Maakt men daarna A = 1 met behoud van B = 1, dan verandert er niets aan de uitgang. De schakeling *onthoudt*. Hetzelfde is het geval als A = 1 en B = 0 en daarna A = 1 en B = 1. Wordt A = 0 én B = 0, dan *vergeet* de schakeling de voorgaande toestand. Deze toestand moet vermeden worden.



De 2-NOR flip-flop

Géén cirkeltjes aan de ingang, dan sturen met "enen".



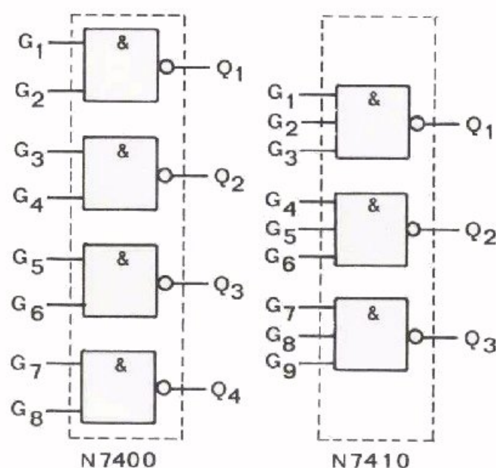
2-NAND flip-flop

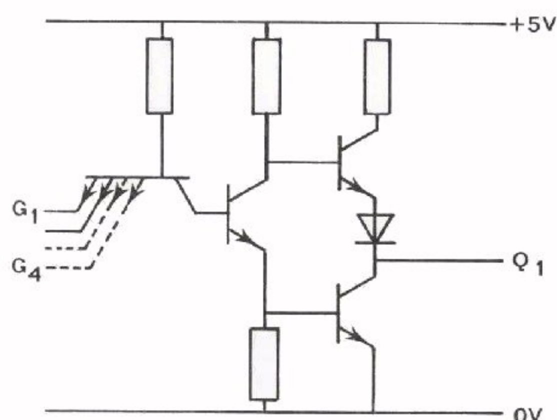
Wél cirkeltjes aan de ingang, dan sturen met "nullen".

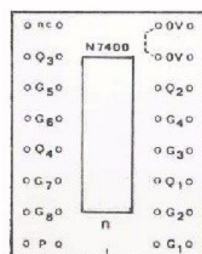
In de nu volgende opdracht maken we kennis met de 2 NAND- en de 4 NAND-modul

DE 4 NAND- EN DE 3 NAND-MODUL

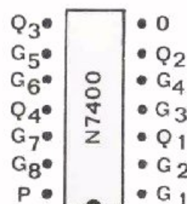
Op de bovenzijde van de 4 NAND-modul bevindt zich in een voetje de IC "N7400". Deze IC bevat vier NAND-functies met elk twee ingangen. De 2 NAND-modul is voorzien van de IC "N7410". Deze IC bevat twee NAND-functies met elk vier ingangen. Hieronder zijn de functieblokken van de beide NAND's getekend, alsmede het principeschema van één NAND-functie.

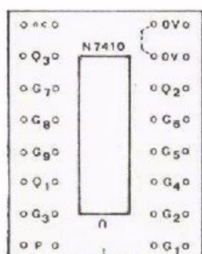




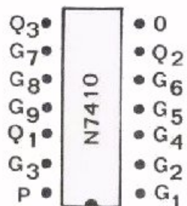


4 NAND – modul





3 NAND – modul



De plaats van de aansluitingen van de NAND-functies op de contacten van de modul en op de pennen van het IC-blokje zijn hiernaast aangegeven.
De IC-blokjes N7400 en N7410 zijn elk voorzien van 14 aansluitpennen (2 x 7).
Het IC-voetje op de modul heeft 16 contacten (2 x 8).
Het P-contact linksonder op de modul is inwendig verbonden met de +V contactpennen.
Het 0V contact rechtsboven op de modul is inwendig verbonden met de 0V contactpennen.
Verbind met een kort snoertje het 0V contact door met het 0 contact van de schakeling.

De NAND's moeten worden aangesloten op een voedingsspanning van 5 V.

OPDRACHT: CONTROLE VAN DE 4 NAND- EN DE 3 NAND-MODUL

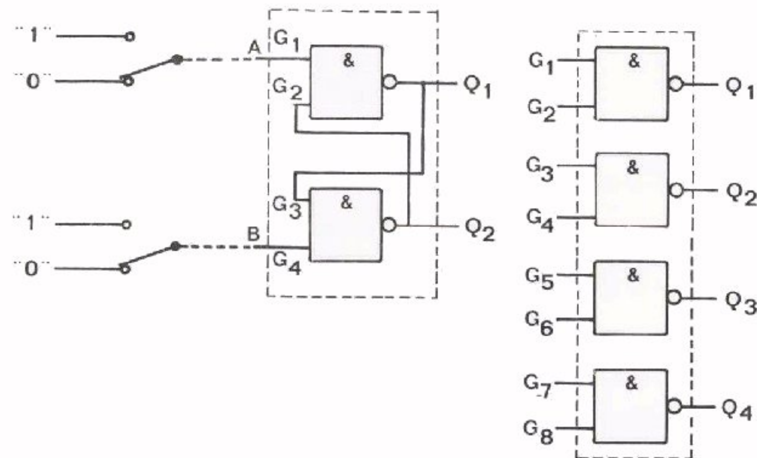
Als alle ingangen van een NAND zweven, gedragen zij zich alsof zij verbonden zijn met "1" (+ 5 V). De uitgangstoestand is dan "0" (0 V).
Geven we één van de ingangen toestand "0", dan wordt de uitgangstoestand "1". Hiervan maken we gebruik bij de controle van NAND-schakelingen.

1e Methode:
- Plaats de voeding-, de 4 NAND- en de indicatormodul op het paneel en sluit de 5 V voeding aan.
- Sluit de voedingsmodul aan op de 12 V-wikkeling van een transformator of een gelijkspanning van 9 à 12 V.
- Schakel de voedingsmodul in.
- Verbind de uitgangen Q_1, Q_2, Q_3 en Q_4 van de 4 NAND-modul met de resp. ingangen B_1, B_2, B_3 en B_4 van de indicator.
- Houd alle ingangen G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6, G_7 en G_8 van de NAND's zwevend. De uitgangen Q_1, Q_2, Q_3 en Q_4 moeten "0" zijn en de LED's B_1, B_2, B_3 en B_4 mogen niet oplichten.
- Verbind een van de ingangen van iedere NAND, b.v. G_1, G_3, G_5 en G_7 met de 0 V. De LED's B_1, B_2, B_3 en B_4 moeten nu oplichten.

Door een snoertje aan één zijde aan de "0" te leggen en met de andere zijde beurtelings de ingangen aan te tippen, kunnen we alle NAND's snel controleren.

- Doe dit ook voor een 3 NAND-modul.

OPDRACHT: SR FLIP-FLOP BESTAANDE UIT TWEE NAND's



N7400

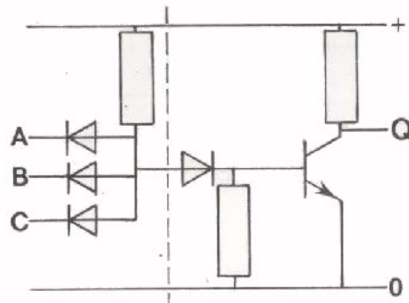
- Bouw de gegeven SR flip-flop met NAND's.
- Verbind de A-ingang met het middencontact van schakelaar S_1 op de schakelaarmodul.
  Verbind de B-ingang met het middencontact van schakelaar S_2 op de schakelaarmodul.
  Sluit de bovenste bussen van de schakelaars aan op P (+5 V): "1".
  Sluit de onderste bussen van de schakelaars aan op 0 (0 V): "0".
- Verbind de uitgang Q_1 met de indicator B_1 en uitgang Q_2 met indicator B_2.
- Sluit de voedingsspanning van +5 V aan.
- Voer aan A en B de achtereenvolgende toestanden van de volgordetabel toe.
- Controleer of die tabel overeenstemt met de tabel van blad 14.

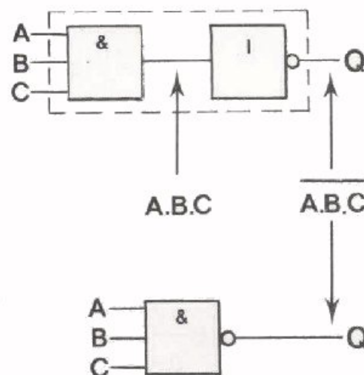
A	B	Q_1	Q_2
0	1		
1	1		
1	0		
1	1		
0	0		

SAMENVATTING

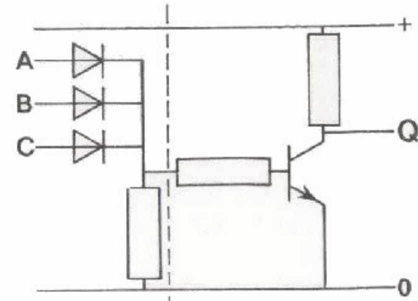
- De NAND en de NOR zijn gemaakt:
  - om niveauverschuivingen van "0" en "1" te voorkomen, die ontstaan als we digitale bouwstenen direct doorverbinden.
  - om met uitsluitend NAND's of NOR's alle digitale functies te kunnen maken.

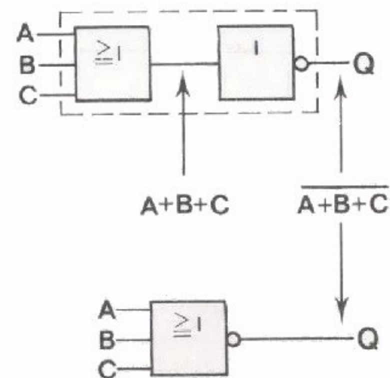
NAND-schakeling





NOR-schakeling





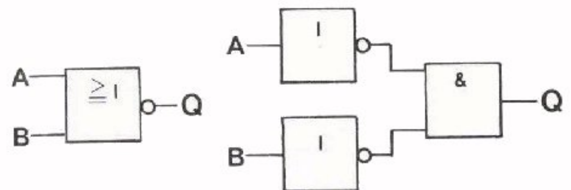
De uitgang van een NAND is "0" als alle ingangen "1" zijn.

A	B	C	Q
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

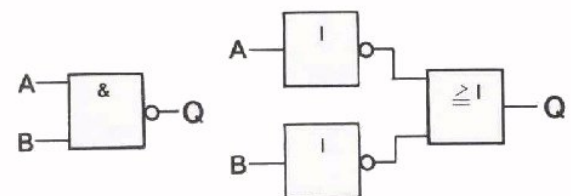
De uitgang van een NOR is "1" als alle ingangen "0" zijn.

A	B	C	Q
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

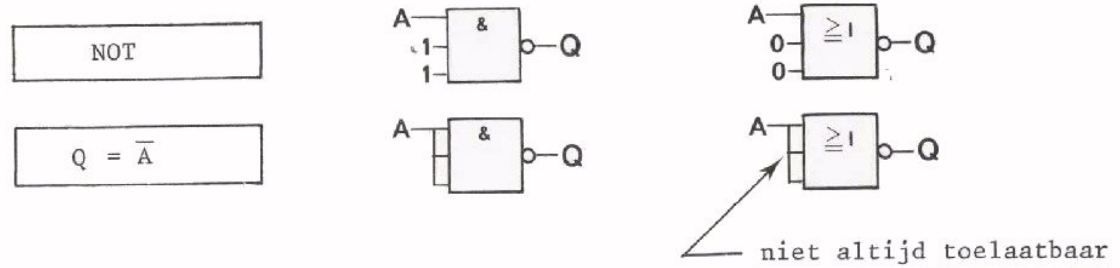
$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$

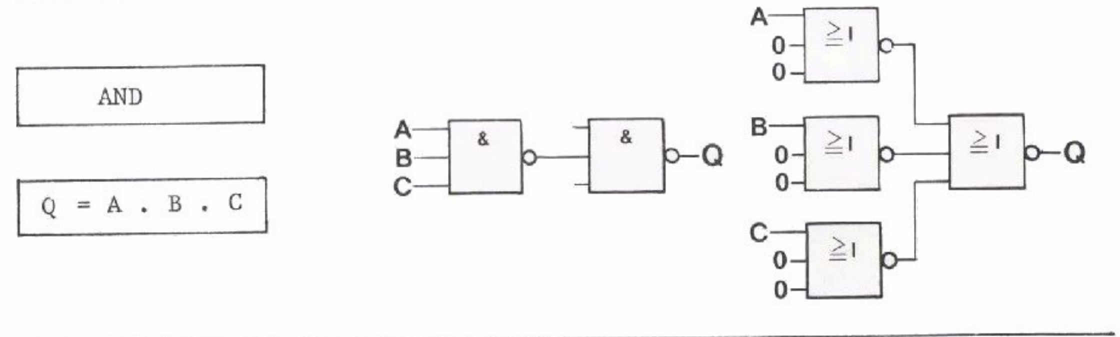


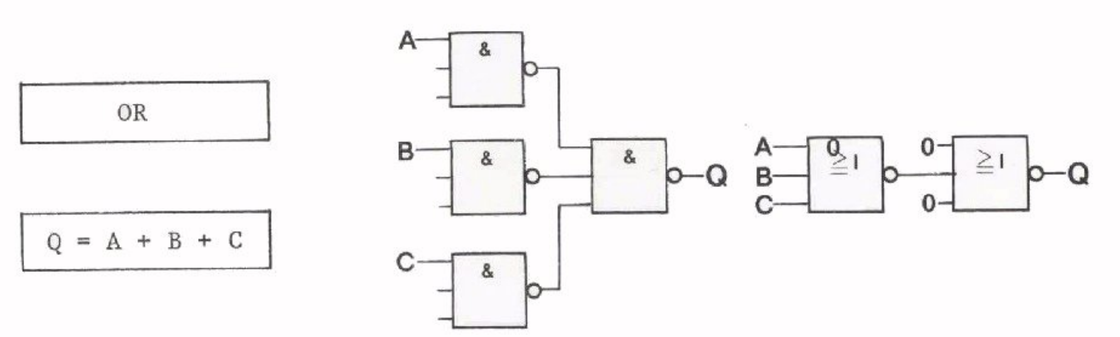
$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$



- De drie voornaamste basisfuncties zijn met uitsluitend NAND's of uitsluitend NOR's als volgt te maken.



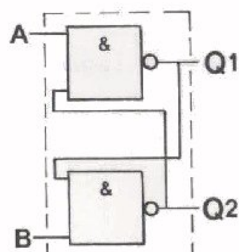


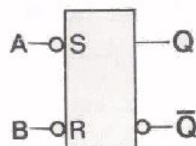


- Ook de exclusieve OR en de comparator zijn met uitsluitend NAND's of met uitsluitend NOR's te maken.

- Een SR flip-flop kan zowel met twee NAND's als met twee NOR's gemaakt worden.

SR *flip-flop* met 2 NAND's



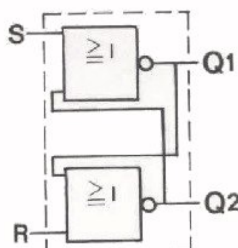


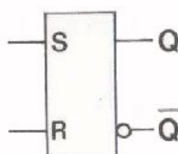
A	B	Q1	Q2
0	1	1	0
1	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	1
0	0	1	1 !

Q komt overeen met
Q1 van de 2 NAND schakeling

onthouden bij: "A = 1 en B = 1"
sturen met : "0"
vergeten bij : "A = 0 en B = 0"

SR *flip-flop* met 2 NOR's





S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0
1	1	0	0 !

Q komt overeen met
Q2 van de schakeling

onthouden : "S = 0 en R = 0"
sturen met : "1"
vergeten : "S = 1 en R = 1"

Voor het uitvoeren van opdrachten met NAND-functies zijn een 4 NAND- en twee 3 NAND-modullen beschikbaar.
De 4 NAND-modul bevat vier NAND-functies met elk twee ingangen; de 3 NAND-modul bevat drie NAND-functies met elk drie ingangen.

Controle van de 4 NAND- en 3 NAND-modul.

- Verbind de uitgangen Q van de NAND-functies met de ingangen B van de indicatormodul. Als alle ingangen zweven moeten de uitgangen Q = 0 zijn, de LED's mogen niet oplichten.

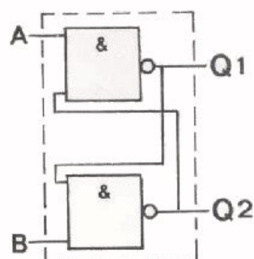
- Verbind beurtelings elk van de ingangen even met 0. De betreffende uitgang moet dan 1 worden en de LED moet oplichten.

NAAM:

KLAS:

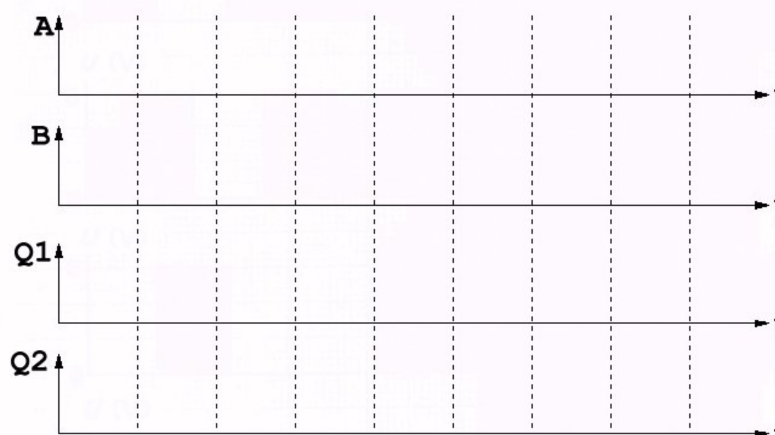
OEFENINGEN

1. Maak de volgorde-tabel van onderstaande SR flip-flop compleet.

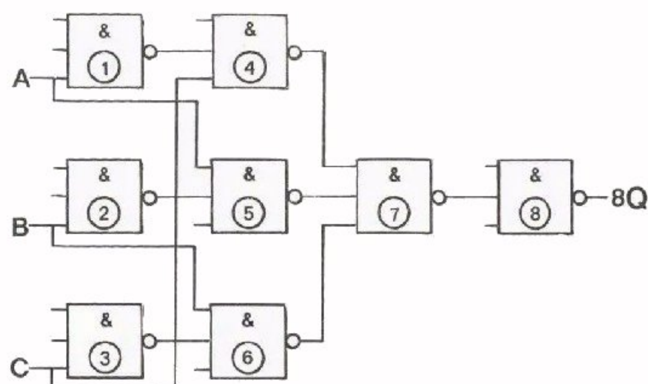


A	B	Q1	Q2
1	0		
1	1		
0	1		
1	1		
0	0		
1	0		

Onderstaande ingangsspanningen worden aan de SR flip-flop toegevoerd.
Teken hoe de uitgangsspanningen verlopen.



2.



Geef de algebraïsche vorm voor de signalen op 1Q t/m 8Q.

1Q = ☐ 4Q = ☐ 7Q = ☐

2Q = ☐ 5Q = ☐ 8Q = ☐

3Q = ☐ 6Q = ☐

A	B	C	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q	7Q	8Q
0	0	0								
0	0	1								
0	1	0								
0	1	1								
1	0	0								
1	0	1								
1	1	0								
1	1	1								

De functie van de schakeling is:

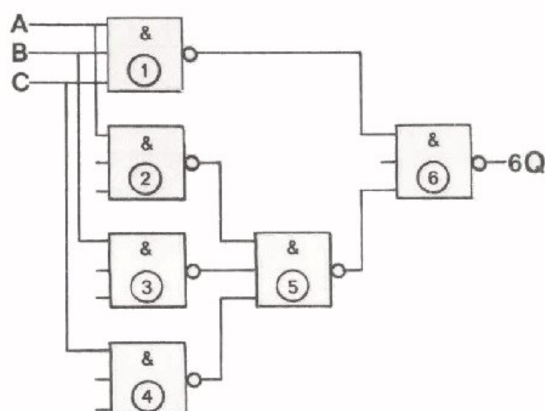
☐

Teken het schemasymbool voor de gehele schakeling.

☐

NAAM: ______________________ KLAS: ________

3.



- Geef de algebraische vorm voor de signalen op 1Q t/m 6Q.

1Q = ________ 3Q = ________ 5Q = ________

2Q = ________ 4Q = ________ 6Q = ________

A	B	C	1Q	2Q	3Q	4Q	5Q	6Q
0	0	0						
0	0	1						
0	1	0						
0	1	1						
1	0	0						
1	0	1						
1	1	0						
1	1	1						

- Vul de waarheidstabel in.

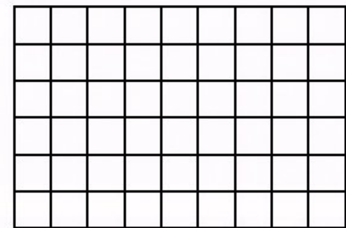
- Deze schakeling heeft de ________ functie.

Welk verschil is er tussen de schakeling van opgave 2 en deze schakeling ?

____

4. U hebt de beschikking over AND's, OR's en NOT's.

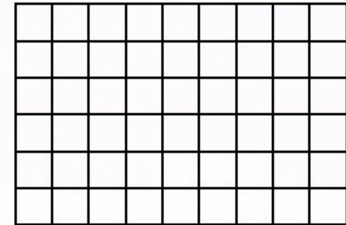
- Teken een schakeling die de functie $Q = \bar{A} + \bar{B}$ vervult.



- Pas "De Morgan" toe op $Q = \bar{A} + \bar{B}$

$Q =$

Teken een schakeling die hieraan voldoet.



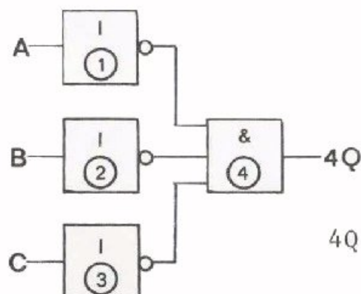
- Welke functie heeft deze schakeling ?

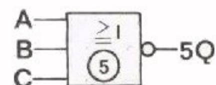
de [ ] functie

Teken het symbool van deze functie. 

5. Controleer met behulp van de waarheidstabellen of:

$$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} = \overline{A + B + C}$$





4Q =

5Q =

A	B	C	1Q	2Q	3Q	4Q
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

A	B	C	5Q
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

- De waarheidstabellen zijn **wel/niet** gelijk.

- "De Morgan" geldt dus **wel/niet** voor méér dan twee ingangen.

D 10

D I G I T A L E   S Y S T E M E N   I

INLEIDING

In de vorige lessen is de NAND behandeld. Daarbij is de NAND vergeleken met de NOR. Met óf alleen NAND's, óf alleen NOR's, kan men de volgende functies maken:

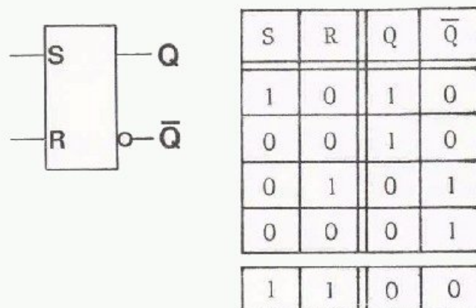
- De AND
- De OR
- De NOT
- Een comparator
- Een exclusieve OR.
- SR flip-flop's uitgevoerd met twee NOR's of met twee NAND's.

In deze les bespreken we:

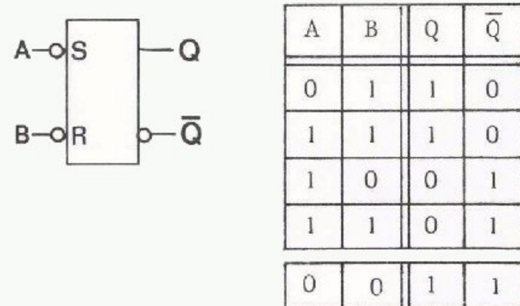
- De SR flip-flop met vier NAND's.
- Diverse praktische uitvoeringen van NAND's en NOR's. Men spreekt in verband hiermee van DTL, TTL, RTL uitvoeringen.
- Het aantal toelaatbare *in*gangssignalen van een schakeling, de zogenaamde *fan-in* (spreek uit: fen in).
- Het maximum aantal ingangen waarmee een *uit*gang mag worden belast, de zogenaamde *fan-out* (spreek uit: fen out).
- Een voorbeeld van een klein digitaal systeem, waarin de tot nu toe besproken functies worden toegepast.

DE SET-RESET FLIP-FLOP

Tot nu toe zijn twee SR flip-flop's ter sprake gekomen. De een is samengesteld uit twee NOR's, de ander uit twee NAND's. Hun schemasymbolen en volgordetabellen zijn hieronder nog eens getekend.



S	R	Q	$\bar{Q}$
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	0	0

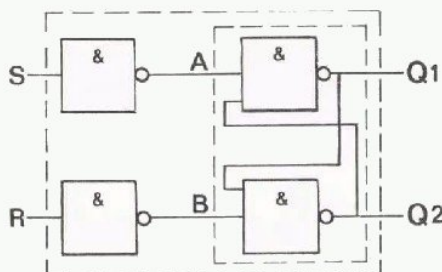


A	B	Q	$\bar{Q}$
0	1	1	0
1	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	1
0	0	1	1

De 2-NOR flip-flop wordt gestuurd door een "1" en onthoudt bij S = 0 en R = 0.

De 2-NAND flip-flop wordt gestuurd door een "0" en onthoudt bij A = 1 en B = 1.

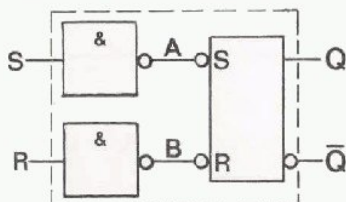
De SR flip-flop uitgevoerd met twee NAND's moet gestuurd worden met een "0". Willen we deze 2-NAND flip-flop ook met een "1" sturen, dan moeten we twee NOT's toevoegen aan de AB-ingangen van de 2-NAND flip-flop.



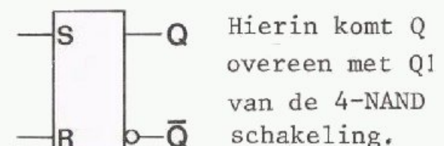
Vul de volgordetabel in.

S	R	A	B	Q1	Q2
1	0				
0	0				
0	1				
0	0				
1	1				

We merken op dat we nu dezelfde volgordetabel hebben gekregen als bij de 2-NOR flip-flop, *behalve* voor de vergeettoestand. Het schemasymbool wordt daarom volkomen gelijk aan dat van de 2-NOR flip-flop.

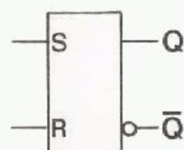




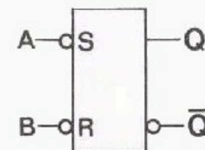


Hierin komt Q overeen met Q1 van de 4-NAND schakeling.

Deze 4-NAND flip-flop wordt evenals de 2-NOR flip-flop gestuurd met een "1". De onthoudtoestand treedt op bij "S = 0 en R = 0".

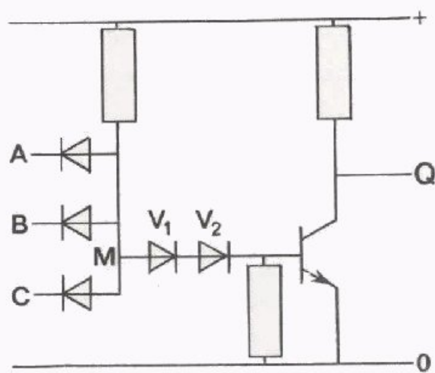


2-NOR flip-flop
4-NAND flip-flop



2-NAND flip-flop

UITVOERINGSVORMEN VAN NAND's



Dit is de reeds bekende uitvoering van een NAND met dioden en een transistor. Deze uitvoeringsvorm wordt een DTL-*schakeling* genoemd. De drie letters duiden aan:

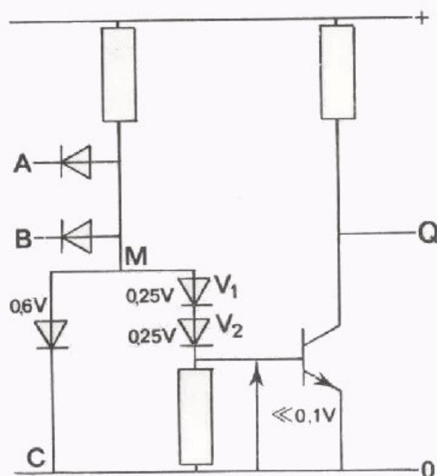
D = diode

T = transistor

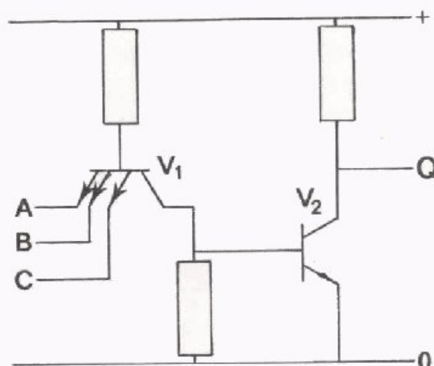
L = logica

Het woord "logica" is een andere benaming voor de "digitale techniek".

In het NAND-voorbeeld van les D9 bevond zich één diode tussen M en de basis van de transistor. In het hier gegeven voorbeeld bevinden zich daar twee dioden (V1 en V2).



Als bijvoorbeeld ingang C aan 0 ligt, blijft nu van de lage spanning tussen M en 0 een nóg kleiner deel over de transistoringang staan. De transistor is dan nog beter afgeknepen. De hier gegeven schakeling treft men vaak in IC's aan.



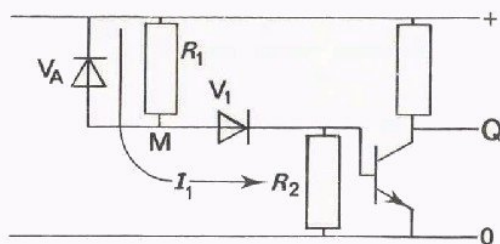
Ook de volgende NAND-uitvoering wordt vaak in IC's toegepast. De transistor V1 heeft drie emitters en gedraagt zich als een combinatie van dioden. De transistor V2 is normaal in de GES opgesteld. Omdat hier op twee manieren transistors zijn toegepast spreekt men van een TTL schakeling.

T = transistor

T = transistor

L = logica

Op het volgende blad gaan we op de werking van de schakeling in. De werking blijkt hetzelfde te zijn als die van de eerder gegeven DTL-schakeling.

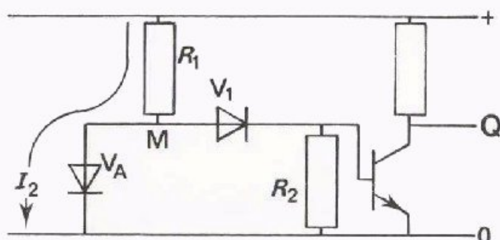


We leggen eerst het principe van de DTL-NAND nog eens uit. Voor de eenvoud veronderstellen we slechts één ingang (A) en één diode tussen punt M en de basis.

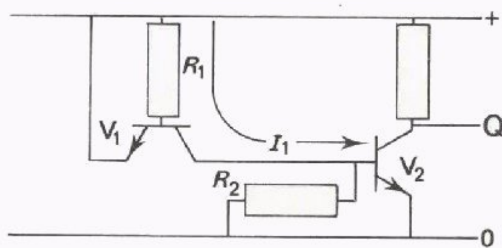
Ligt A aan de +, dan loopt er een basisstroom I_1 via R_1 en V1. Diode V_A is gesperd.

Ligt A aan de 0, dan loopt er een stroom I_2 via R_1 en V_A. De stroom door V1 is te verwaarlozen.

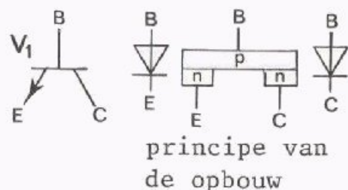
Er loopt dus een stroom óf alleen door V_1, óf alleen door V_A.



We bekijken nu de TTL-NAND van het vorige blad. Voor de eenvoud veronderstellen we dat de NAND slechts één ingang heeft en V_1 dus slechts één emitter.



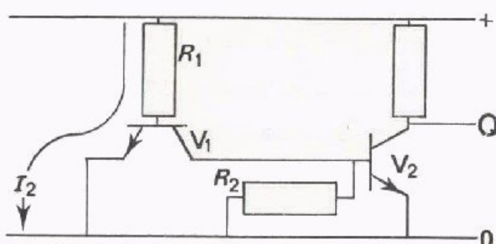
Transistor V_1 bevat twee dioden, de B-E diode en de B-C diode. Immers, zowel tussen B en E als tussen B en C bestaat een PN-overgang.



principe van de opbouw

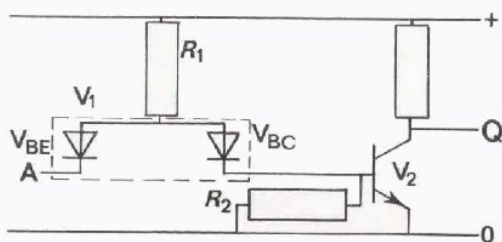
Ligt ingang A aan de +, dan loopt er een stroom I_1 via R_1 en de B-C diode. De B-E diode is gesperd.

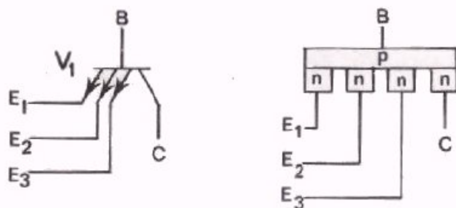
Ligt ingang A aan de 0, dan loopt er een stroom I_2 via R_1 en de B-E diode. De stroom door de B-C diode is te verwaarlozen.



De transistor V_1 doet hier geen dienst als transistor, maar als een combinatie van twee dioden. We mogen V_1 daarom beschouwen als een schakeling van twee dioden: V_{BC} en V_{BE}.

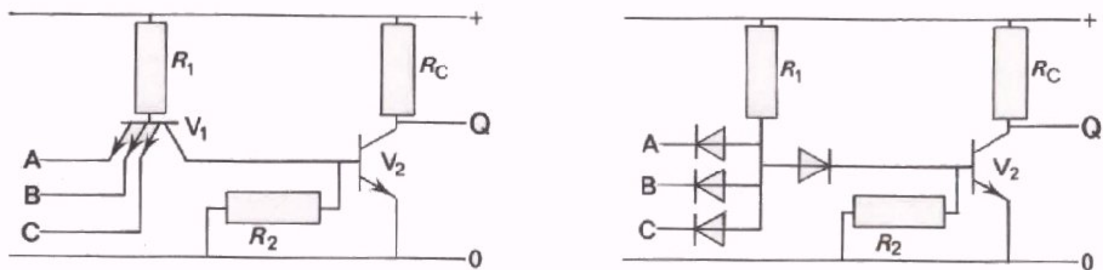
De schakeling is dan geheel gelijk aan die van de bovenste twee figuren op dit blad.



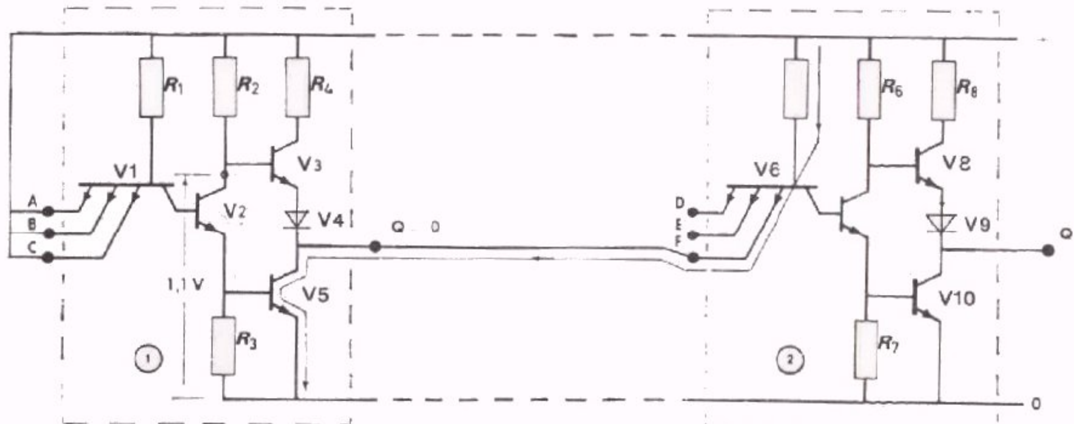


Tenslotte bekijken we de transistor V_1 met drie emitters E_1, E_2 en E_3. Het principe van de transistor opgebouwd uit P- en N-materiaal is hier getekend. Wij hebben hier nu vier PN-overgangen, dat wil zeggen vier dioden, namelijk drie B-E dioden en één B-C diode.

De TTL-schakeling onderaan op blad 3 hebben we hier nog eens getekend. Daarnaast de schakeling, waarbij de transistor V_1 vervangen is door dioden, namelijk de drie B-E dioden voor de AND-functie en de B-C diode ten behoeve van de NOT-functie. Wij hebben nu dezelfde schakeling verkregen als de besproken DTL-NAND. Ook de werking van de TTL-NAND komt op het zelfde neer.



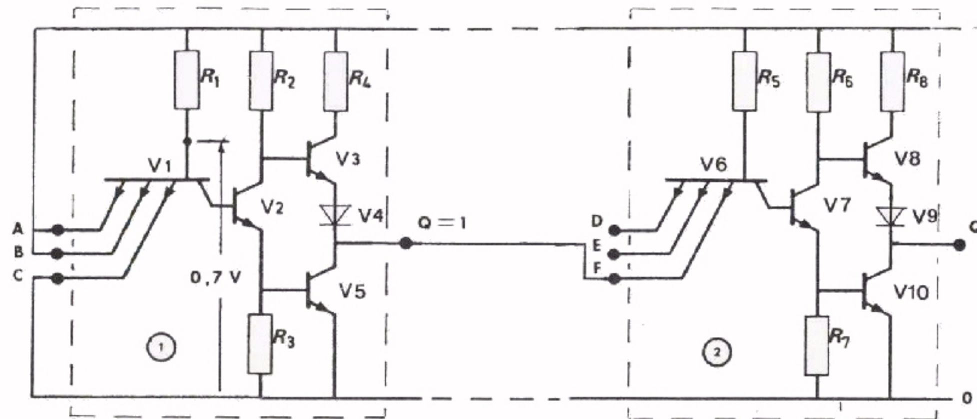
De IC-NAND's (N7400 en N7420) in de 4 NAND en de 2 NAND-modul zijn uitgevoerd als TTL-schakeling.
Om de NAND's beter te kunnen belasten, zijn ze voorzien van een speciale uitgangstrap. (R4 - V3 - V4 - V5)



De schakeling werkt in het kort gezegd als volgt:

Als van NAND ① A.B.C = 1 dan zijn V2 en V5 in geleiding. $U_{BE2} \simeq 0{,}7$ V, $U_{CE2} \simeq 0{,}4$ V, $U_{BE5} \simeq 0{,}7$ V en $U_{CE2} \approx 0{,}4$ V, $U_{C2} = U_{CE2} + U_{BE5} \simeq 1{,}1$ V. Deze 1,1 V verdeelt zich over B-E V3, V4 en C-E V5, die in geleiding is. De verdeling is ongeveer: $U_{BE3} = 0{,}35$ V, $U_{V4} = 0{,}35$ V en $U_{CE5} = 0{,}4$ V. U_{BE3} is zó laag dat V3 gesperd is. De uitgang Q is dan via de *geleidende* V5 verbonden met 0 V;→ Q = 0. De verbinding van Q met de + is "verbroken" door de *gesperde* V3.

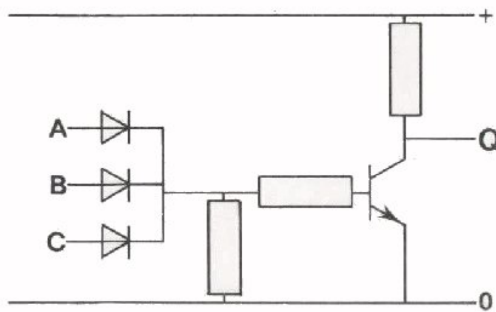
Wordt de uitgang Q belast met een volgende NAND-poort ②, dan vloeit er een stroom vanaf de + van de NAND ② via V5 van de NAND ① naar de 0 V. De belastingsstroom wordt dus *niet* geleverd door de sturende NAND ①, maar door de gestuurde NAND ② zélf.



Is één of meer ingangen van de NAND ① "0" dan is U_{B1} = 0,7 V. Deze 0,7 V verdeelt zich over B-C V1, B-E V2 en R_3. De verdeling is ongeveer: U_{BC1} = 0,3 V, U_{BE2} = 0,3 V en U_{R3} = 0,1 V. V2 en V5 zijn daarom gesperd, waardoor V3 geleidend is. De uitgang Q is dan via de *geleidende* V3 verbonden met de +. Q = 1. De verbinding van Q met de 0 V is nu "verbroken" door de *gesperde* V5. In dit geval vloeit er géén stroom tussen de NAND ① en NAND ②.

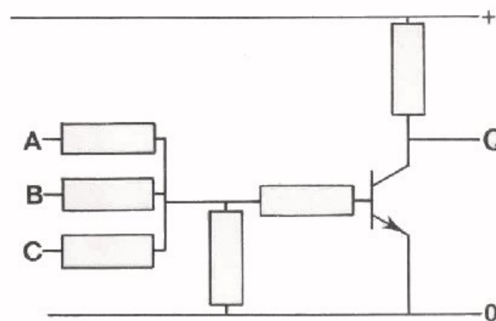
De uitgang Q is dus óf met 0V, óf met de + verbonden.

UITVOERINGSVORMEN VAN NOR's



Dit is de al eerder besproken schakeling met de NOR-functie in DTL-uitvoering.

Bij de productie van grote aantallen schakelingen met de NOR-functie heeft men gezocht naar goedkope oplossingen. Met losse componenten was de volgende getekende uitvoering met *R*'s aanvankelijk inderdaad goedkoper.Uitgezonderd een transistor, wordt er alléén van weerstanden gebruik gemaakt.



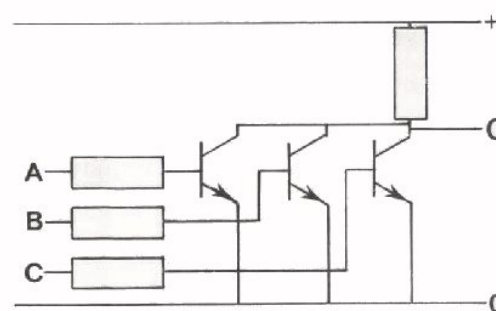
Dit soort schakelingen duidt men aan als RTL-*schakelingen.*

R = resistor = weerstand

T = transistor

L = logica

Als één of meer ingangen met de + verbonden worden gaat er een basisstroom lopen. De transistor geleidt en komt in verzadiging. De uitgang Q wordt dan "0".

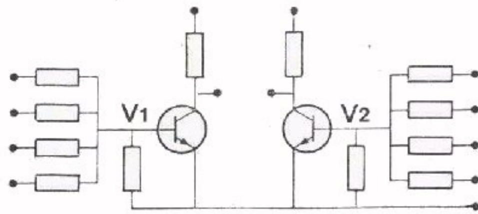


Bij de IC's past men nevenstaand RTL-schakeling nogal eens toe. Als één van de ingangen een positieve spanning krijgt gaat de bijbehorende transistor in verzadiging geleiden. Daardoor wordt Q = 0. Ook dit is een NOR-functie.

In de praktijk komen nog andere uitvoeringen voor. Elk heeft zijn eigen voordelen. Het is niet nodig al deze uitvoeringen te bespreken. Bovendien worden er telkens nieuwe bedacht. We volstaan daarom met de gegeven voorbeelden die een indruk geven van de mogelijkheid om NAND's en NOR's op verschillende manieren uit te voeren.

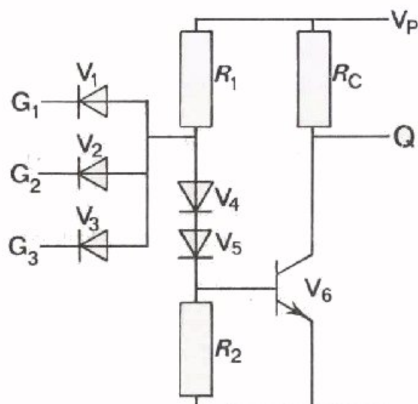
OEFENING

- Geef van de volgende schakelingen aan tot welke type ze behoren en welke functies ze verrichten.



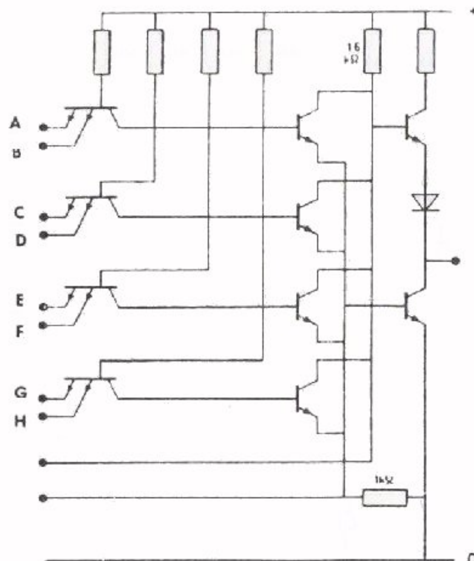
DTL 0
TTL 0
RTL 0

Deze schakeling bevat twee [NOR] functies.

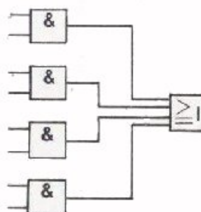
- 

TTL 0
RTL 0
DTL 0

Deze schakeling vervult de [ ] functie.



Het blokschema van de schakeling is hieronder getekend.



Herkent U in de schakeling de verschillende blokken? (raadpleeg blad 3 en 5 van deze les).

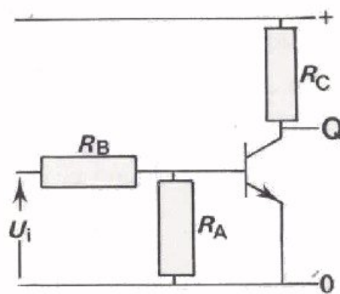
DTL 0
TTL 0
RTL 0

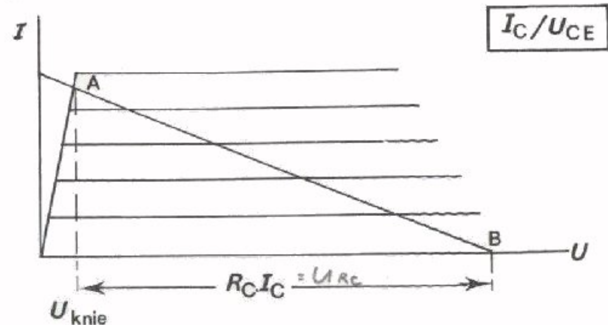
Als alléén ingangen A, C, E en G gebruikt worden, terwijl de andere ingangen zwevend zijn, heeft de schakeling de [ ] functie.

Als alléén ingangen A en B gebruikt worden, en de andere ingangen "0" zijn heeft de schakeling de [ ] functie.

DE TRANSISTOR ALS SCHAKELAAR

Ter inleiding een korte herhaling van de transistor als schakelaar.





Een transistor die als schakelaar gebruikt wordt moet in punt A óf in punt B ingesteld zijn, nooit ergens daartussen.

Punt A is de *geleidende* toestand, waarbij Q = 0. Om de transistor in punt A te krijgen moet ervoor gezorgd worden dat:

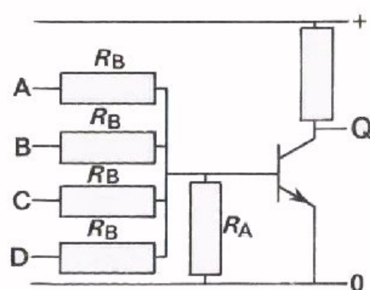
- U_i voldoende basisstroom levert,
- R_C zó groot is dat, bij de geleverde basisstroom, $I_C.R_C$ gelijk wordt aan de voedingsspanning, verminderd met U_{knie}; met andere woorden: dat de transistor in verzadiging komt.

Punt B is de *niet geleidende* toestand, waarbij Q = 1.

Om de transistor in punt B te houden moet U_i zo klein zijn, dat de basis-spanning beneden ongeveer 0,5 V blijft. In de schakeling betekent dit:

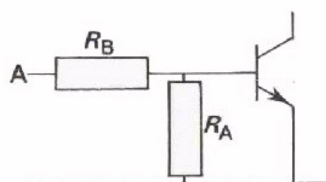
$$\frac{R_A}{R_A + R_B} \cdot U_i < 0{,}5V$$

OPMERKING



We wijzen er nog eens op dat bij NOR-schakelingen de ingangen niet altijd doorverbonden mogen worden als de NOR als NOT gebruikt wordt. Dit kunnen we nu uitleggen. In de RTL uitvoering van een NOR is nevenstaande schakeling gebruikt.
Hierin is:

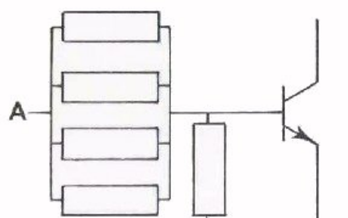
$$R_A \simeq 30\ \text{k}\Omega \text{ en } R_B \simeq 80\ \text{k}\Omega$$



Bij gebruik van één ingang geldt voor de basisspanning:

$$U_{BE} \simeq \frac{R_A}{R_A + R_B} U_i = \frac{30}{30+80} U_i = \frac{30}{110} U_i$$

$$= 0{,}27 \quad U_i.$$



Bij gebruik van vier doorverbonden ingangen geldt:

$$U_{BE} \simeq \frac{R_A}{R_A + R_B/4} U_i = \frac{30}{30 + 80/4} U_i$$

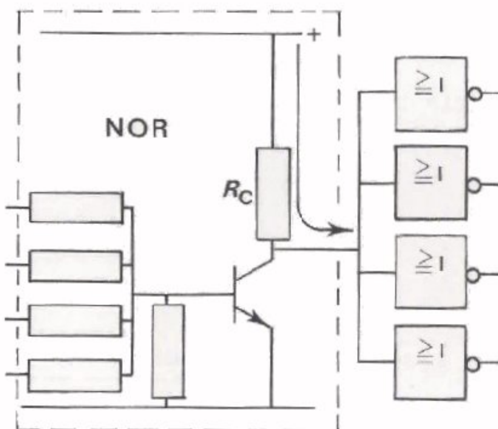
$$= \frac{30}{50} U_i = 0{,}6 \ U_i.$$

Door het doorverbinden van de ingangen stijgt U_{BE}.

Voeren we een lage spanning U_i als "0" toe, dan bestaat dus het gevaar dat bij doorverbonden ingangen, U_{BE} niet meer zó laag is, dat de transistor niet geleidt. Er is dan sprake van een ontoelaatbare "0"-niveauverschuiving.

EAN-OUT

In het algemeen doet een NOR dienst als stuurtrap voor een aantal volgende NOR-poorten.



De NOR's die volgen op de sturende NOR krijgen het "1"-niveau aangeboden als de sturende NOR niet geleidt. De basisstroom van elke volgende NOR loopt dan: van de voeding, via R_C van de sturende NOR, via de R_B van de gestuurde NOR.

De stromen van de gestuurde NOR's lopen gezamelijk door R_C, zij zorgen zo tezamen voor een spanningsverlies over de R_C van de sturende NOR.

Het "1"-niveau op de vier NOR-ingangen is daardoor niet gelijk aan de voedingsspanning, maar lager. Zakt het "1"-niveau te veel, dan wordt de ingangsspanning te laag om de volgende transistor in verzadiging te kunnen sturen. Deze komt dan niet meer in punt A van de karakteristiek op voorgaand blad.
De fabrikant van NOR-blokjes geeft op, hoe groot een aantal NOR's mag zijn dat vanuit één NOR gestuurd wordt.
Dit maximum toegelaten *aantal* noemt men de *fan-out* van de NOR.

VRAAG

De IC N7427 in de 3 NOR-modul heeft per NOR een fan-out van 5. Hoeveel NOR's die in dezelfde soort IC's voorkomen mogen we sturen vanuit één NOR van een 3 NOR-modul?

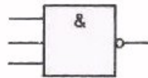
Antwoord: [ ]

Ook voor andere soort schakelingen dan de NOR, bijvoorbeeld voor de NAND, geeft de fabrikant de fan-out op.
Voor "blokjes" van dezelfde soort geldt:

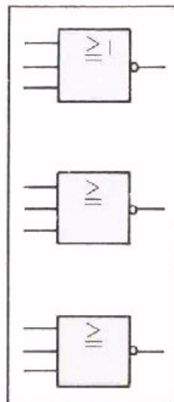
fan-out	= maximum aantal ingangen dat gestuurd kan worden vanuit één uitgang.

FAN-IN

Behalve over de reeds besproken fan-out, spreken we ook over de *fan-in*. Met de fan-in bedoelen we het aantal ingangen dat een functieblokje heeft. Dit behoeft geen andere toelichting.



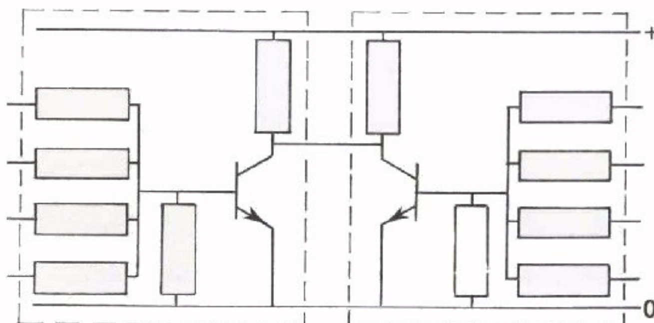
Deze NAND-functie heeft een fan-in van 3.



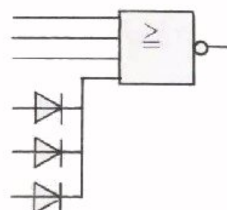
De N7427 in de modul bevatten 3 NOR's elk met een fan-in van

VERGROTING VAN DE FAN-IN

Soms is het aantal ingangen van een functie kleiner dan het aantal dat voor een bepaalde toepassing nodig is.



We geven een voorbeeld, om de fan-in te vergroten. Bedenk: Als de spanning op één collector laag is, zijn beide collectors laag. Als tenminste één aan de 8 ingangen hoog is, is de uitgang laag.



Hier een ander voorbeeld om de fan-in te vergroten. Met behulp van drie extra diodes is de fan-in verhoogd van 4 naar 6. Bedenk wel dat de ingang waarop de dioden zijn aangesloten, niet meer bruikbaar is voor direkt aansluiten van een ingangs-signaal.

HET PRINCIPE VAN ALARMERING

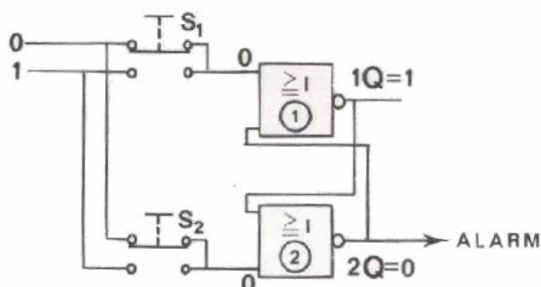
We hebben reeds twee keer een alarmsysteem tegen inbrekers besproken als voorbeeld van een toepassing in de digitale techniek. Eerst een eenvoudig voorbeeld met schakelaars daarna een verbeterde uitvoering van hetzelfde alarmsysteem uitgevoerd met een flip-flop. We bekijken nu een ander alarmsysteem.

In een fabriek vindt een volautomatisch produktieproces plaats. Voorbeelden hiervan zijn:

- De aardgasproduktie die de hele dag door in Slochteren plaatsvindt.
- De benzineproduktie in het Botlekgebied bij Rotterdam.
- De produktie van kranten, die elke dag opnieuw gedurende korte tijd volautomatisch plaats vindt in een krantenbedrijf.

In al deze gevallen voorziet men de machines van een alarmsysteem. Dit systeem zet een alarm in werking zodra er ergens in de produktie een storing optreedt. Zodra de fout is opgeheven stelt men het alarm weer buiten werking.

Deze alarm-inrichting is het eenvoudigst te maken met behulp van een geheugen.



Het principe is hier geschetst. De flipflop is getekend in de toestand: "Géén alarm". Zodra er een storing optreedt, wordt automatisch S_1 even ingedrukt waardoor de flip-flop wordt "geset". Doordat dan 2Q = 1 wordt, treedt het alarm in werking; er begint bijvoorbeeld een claxon te loeien.

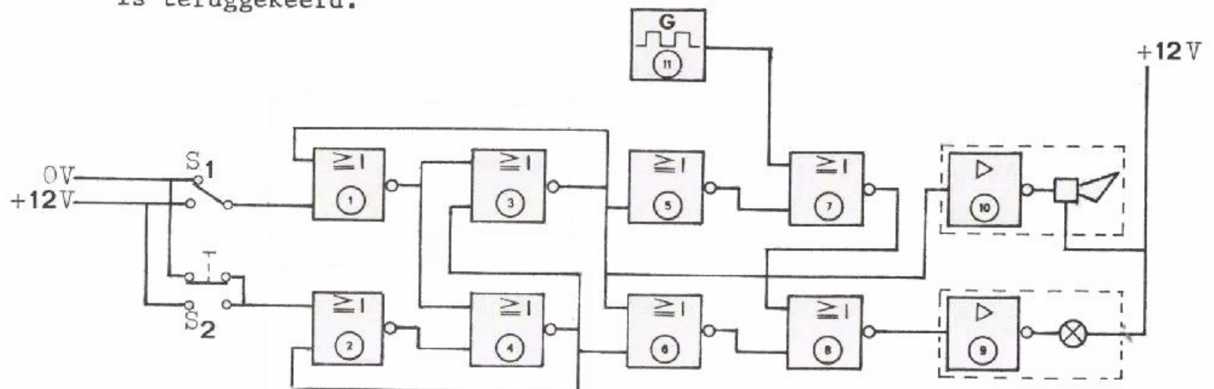
Door S_2 even in te drukken wordt de flip-flop "gereset" en komt weer in de vorige toestand terug, waarbij 2Q = 0 wordt. Zo kan men het alarm buiten werking stellen.

Vaak is het geschetste alarmsysteem te eenvoudig van opzet. Op de volgende bladen geven we een voorbeeld van een uitgebreider systeem. We vertellen eerst wat de bedoeling is van het alarmsysteem. Daarna gaan we de werking bekijken. Tenslotte bouwen we het systeem op ons oefenpaneel.

HET ALARMSYSTEEM

Het alarmsysteem moet als volgt werken:

- Als ergens in de produktie een storing optreedt, dan wordt er een signaal "1" aan het alarmsysteem toegevoerd. Daardoor begint een claxon te loeien en een alarmlamp te knipperen.
- Door het alarm wordt een monteur gewaarschuwd dat er iets fout is. Hij drukt op een knop waardoor de claxon ophoudt met loeien en lamp met knipperen. Wel blijft de lamp continu branden als aanduiding dat er nog steeds een storing is.
- De monteur zoekt de fout op en verhelpt die. Zodra de storing is opgeheven, wordt er geen "1" meer toegevoerd aan het alarmsysteem. Daardoor wordt het alarm geheel opgeheven en de lamp gaat uit. De begintoestand is teruggekeerd.



Merk op:

- De NOR's ① en ③ vormen een SR flip-flop met twee NOR's, evenals de NOR's ② en ④ .

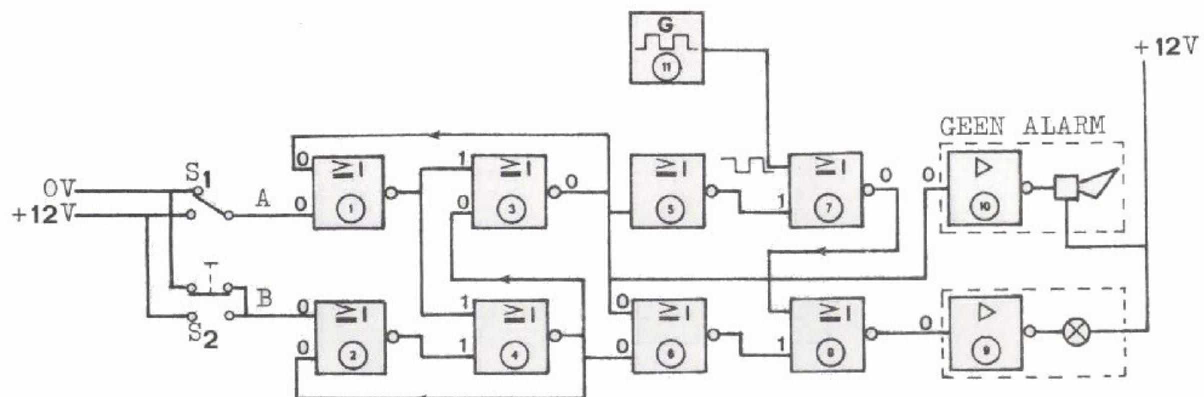
Genoemde flip-flop's zijn in het schema anders getekend dan we tot nu toe hebben gedaan; de gebruikte NOR's staan niet boven elkaar, maar achter elkaar.

- De blokjes ⑨ en ⑩ stellen versterkers voor. Versterkers zijn nodig om aan de belastingen (lamp en claxon) voldoende vermogen te kunnen leveren. De gebruikte poortschakelingen zijn hiertoe niet in staat.
- Blokje ⑪ stelt een blokspanningsgenerator voor.

Op de volgende bladzijden bekijken we stap voor stap de werking van dit systeem. Bedenk daarbij steeds:

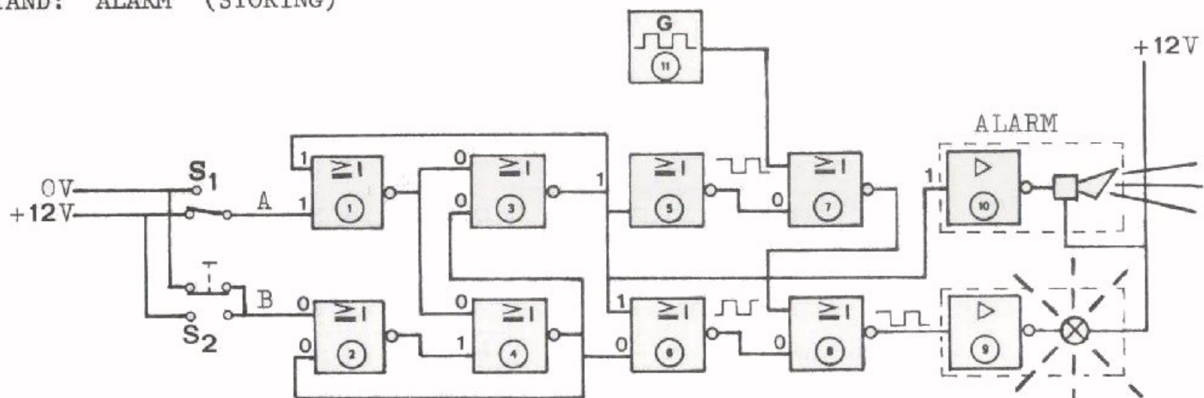
> De uitgang van een NOR is slechts dán Q = 1, als *alle ingangen* "0" zijn.
>
> Zodra ook maar één van de ingangen "1" is, is de uitgang Q = 0.

BEGINTOESTAND: "GEEN ALARM"



In de getekende toestand is er geen alarm. Wordt aan de versterkers ⑨ en ⑩ een "0" toegevoerd, dan werken lamp en claxon niet. Controleer of de aangegeven nullen en enen kloppen, bij de ingangstoestanden A = 0 en B = 0. Begin bij de versterkers ⑨ en ⑩ . Omdat er geen alarm is zijn beide ingangen "0"; dus moet 3Q = 0 zijn. Dit betekent dat 1Q = 1 is, waardoor 4Q = 0 is. Ingang ⑥ heeft twee "nullen" waardoor 6Q = 1 en daardoor 8Q = 0 is.

TOESTAND: "ALARM" (STORING)

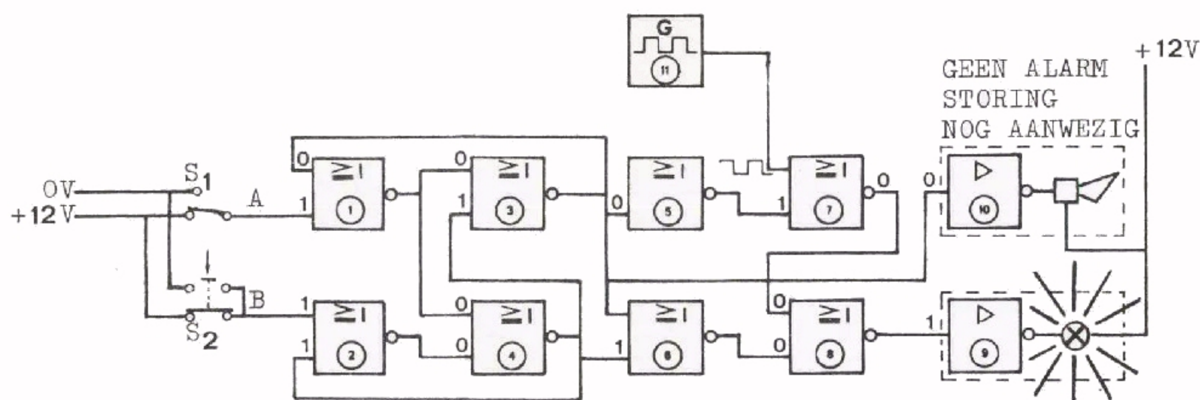


Als er ergens in de produktie een storing optreedt sluit automatisch S_1 éven of blijvend. Het alarm treedt in werking. (S_1 kan een schakelaar zijn maar ook een fototransistor, een LDR of een andere "opnemer").

Blokken ① en ③ vormen een flip-flop die het alarm onthoudt, ook al wipt S_1 onmiddellijk weer terug. Controleer weer of inderdaad de hier geschetste toestand ontstaat.

Als A = 1, wordt 1Q = 0 en 3Q = 1; flip-flop wordt "geset". Wordt A weer "0" dan blijft de flip-flop onthouden. De ingang van versterker ⑩ wordt "1"; de claxon loeit. De bovenste ingang van ⑥ is ook "1", waardoor 6Q = 0 wordt. Ook 5Q wordt "0" terwijl 11Q beurtelings "0" en "1" is; 7Q wordt afwisselend "1" en "0".
8Q en ingang ⑨ worden nu beurtelings "0" en "1"; de lamp knippert.

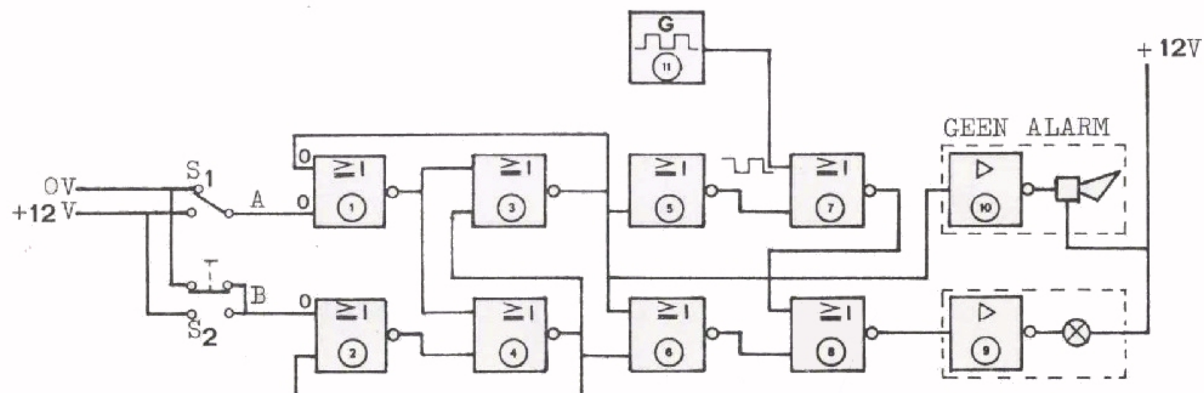
TOESTAND: "GEEN ALARM - STORING NOG AANWEZIG"



Als de monteur die de storing op moet speuren het alarm gehoord heeft, drukt hij S_2 even in. Hierdoor stopt de claxon en de lamp knippert niet meer, maar blijft constant branden.

Controleer of dit inderdaad het geval is. Als B éven "1" is, wordt flip-flop ② ④ "geset" en wordt 4Q = 1. Daardoor wordt 3Q = 0 en de claxon stopt. Bovendien wordt 5Q = 1 en 7Q constant "0". Aan de ingangen van ⑧ worden nu twee "nullen" toegevoerd, afkomstig van 6Q en 7Q; hierdoor wordt 8Q = 1 en lamp brandt constant.

TOESTAND: "GEEN ALARM - STORING OPGEHEVEN"

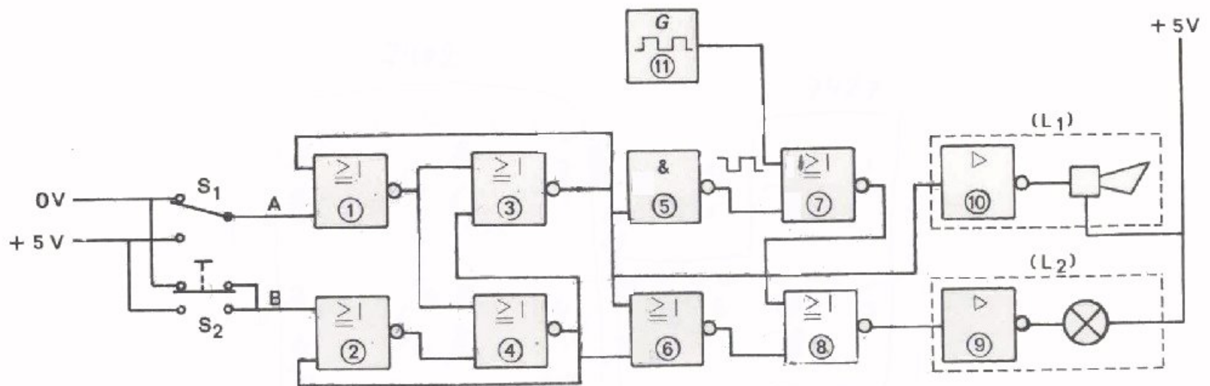


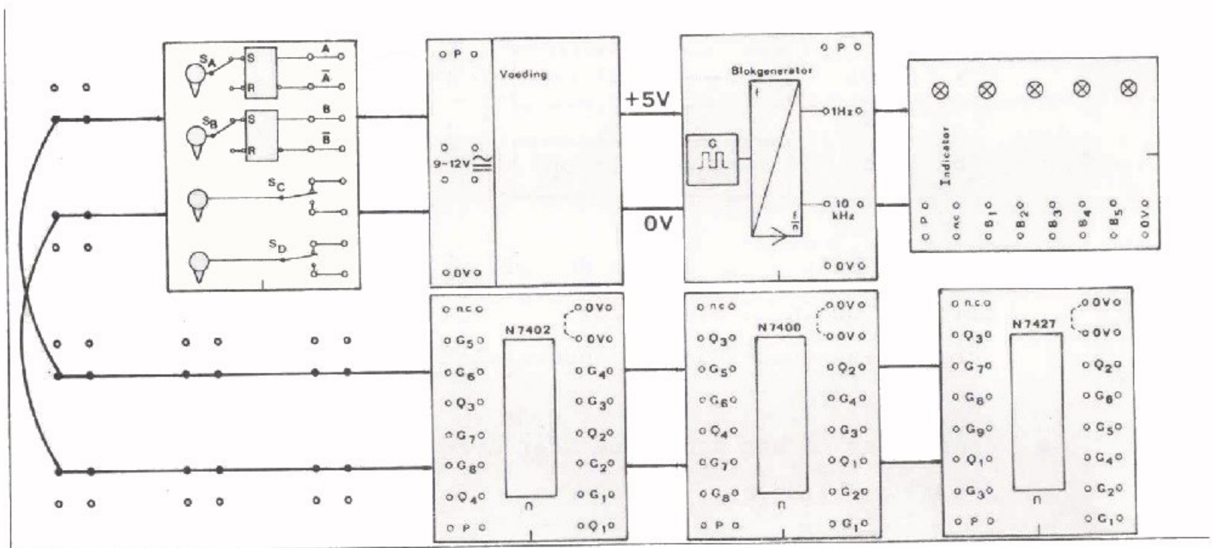
Zodra de storing opgeheven opent automatisch S_1 en wordt A = 0. Controleer of de begintoestand inderdaad terugkeert. Vul zelf "nullen" en "enen" in.

OPMERKING

In bovenstaande schakeling zijn 8 NOR's toegepast. Met de N7402 en N7427 modullen beschikken we maar over 7 NOR's. NOR ⑤ in het schema is gebruikt als inverter. U weet dat een inverter gemaakt kan worden met één NOR of met één NAND. NOR ⑤ kan dus door een NAND vervangen worden (b.v. N7400 modul).

OPDRACHT: ALARMSYSTEEM





- Controleer de te gebruiken modullen:
  - de twee NOR-modullen,
  - de blokgenerator (1 Hz),
  - de indicatormodul,
  - de voedingsmodul.

- Bouw de schakeling op het paneel.
  Hierboven is een opstelling aangegeven.
  Neem voor:
  - blok ⑪ , de 1 Hz-uitgang van de blokgenerator.
  - claxon met versterker ⑩, de indicatormodul B_1.
  - lamp met versterker ⑨, de indicatormodul B_2.
  - S_1 en S_2, de schakelaar S_A en S_B op de schakelaarmodul.

- Sluit de 5 V-voeding aan (trafo 220/12 V en voedingmodul).
- Ga na of bij A = 1 en B = 0:
  - B_1 oplicht (claxon)
  - B_2 knippert (lamp).

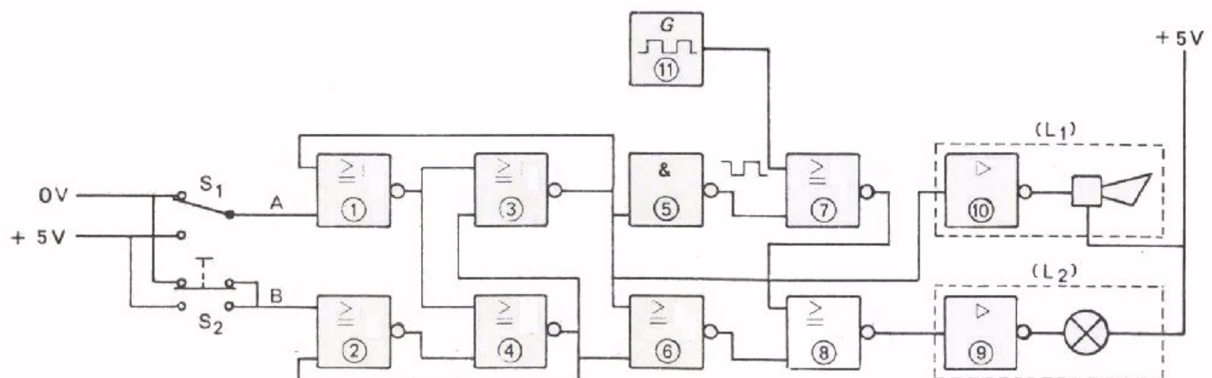
- Houd A = 1 en maak punt B éven "1" (drukknop S_2).
  Ga na of:
  - B_1 niet meer oplicht.
  - B_2 constant oplicht.

- Verander deze toestand niet.

- Wat gebeurt er, als nu A = 0 en B = 0 wordt?
  - B_1 licht | ~~wel op~~/niet op |
  - B_2 licht | ~~wel op~~/niet op |

- Meet met behulp van B_3 van de indicator de toestand ("0" of "1") van alle punten in de schakeling.
  Noteer deze toestanden in onderstaand schema.

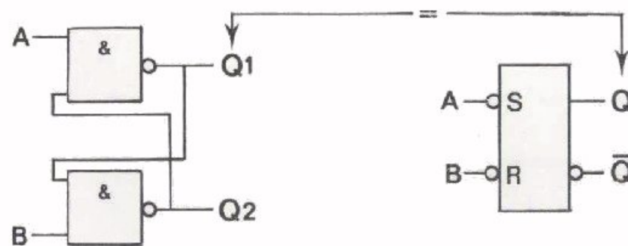
- Controleer of het schema nu weer overeenkomt met de begintoestand "*geen alarm*" op blad 16.



SAMENVATTING

- Verschillende soorten SR flip-flop's zijn met alléén NAND's of alléén NOR's te maken.

SR FLIP-FLOP met twee NAND's.

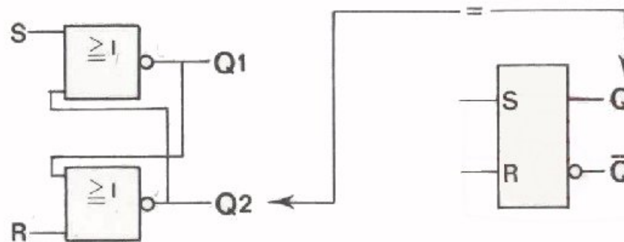


		Q	Q̄
A	B	Q1	Q2
0	1	1	0
1	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	1
0	0	1	1

Stuursignaal "0"

Onthoudtoestand: A = 1 en B = 1

SR FLIP-FLOP met twee NOR's.

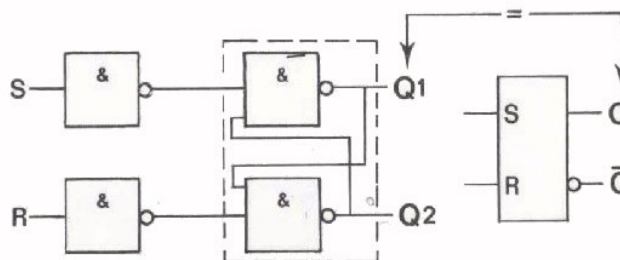


		Q̄	Q
S	R	Q1	Q2
1	0	0	1
0	0	0	1
0	1	1	0
0	0	1	0
1	1	0	0

Stuursignaal "1"

Onthoudtoestand: S = 0 en R = 0

SR FLIP-FLOP met vier NAND's

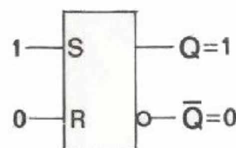


		Q	Q̄
S	R	Q1	Q2
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	1	1

Stuursignaal "1"

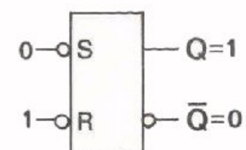
Onthoudtoestand: S = 0 en R = 0

Schemasymbolen voor de verschillende SR flip-flop's (gebaseerd op de *set*-toestand).



2-NOR flip-flop

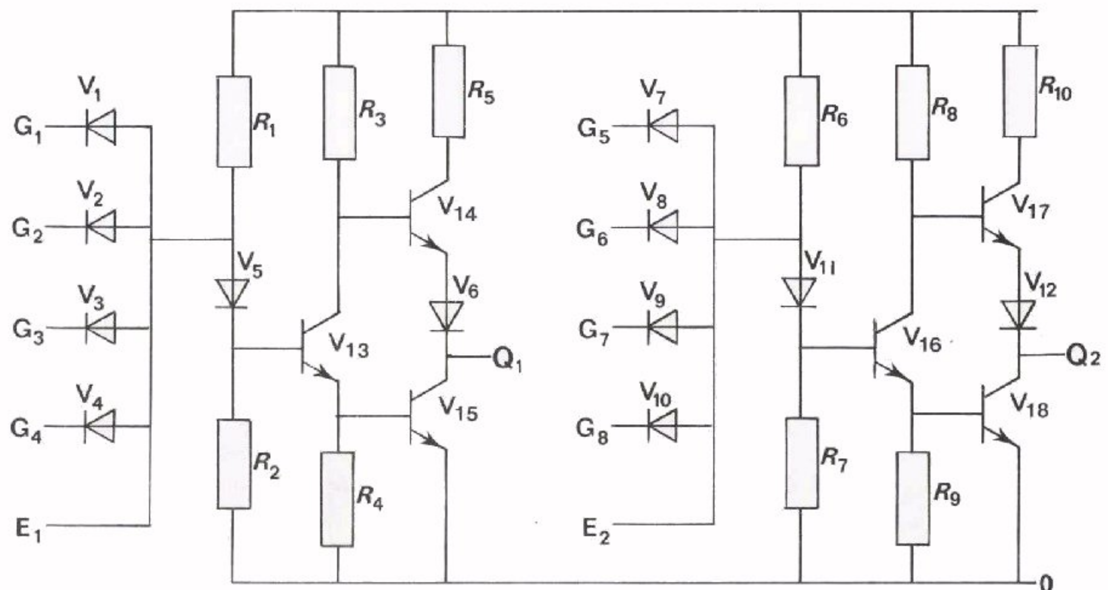
4-NAND flip-flop

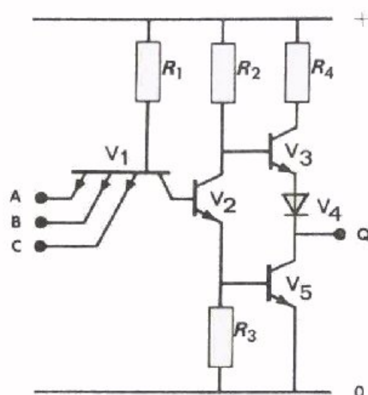


2-NAND flip-flop

- Onder de *fan-in* van een poort verstaat men het aantal ingangen.

- Dit is een voorbeeld van de besproken DTL schakeling. De schakeling bevat twee NAND-poorten, elk met een fan-in van 4. Ingang E biedt de mogelijkheid de fan in te vergroten.

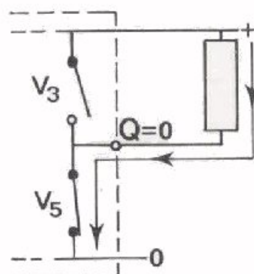




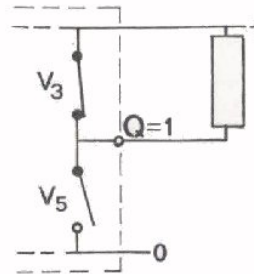
- Dit is een NAND-poort in TTL-uitvoering. De fan-in is drie.

- Onder de *fan-out* verstaat men het aantal ingangen waarmee een uitgang mag worden belast, uitgaande van gelijksoortige blokjes.

- Om de fan-out van de NAND zo groot mogelijk te maken, is de NAND voorzien van een bijzondere uitgangstrap. (V3 en V5). Deze uitgangstrap levert zelf geen stroom aan de belasting, maar fungeert als schakelaar.



Als A.B.C. = 1
is V5 geleidend
en V3 gesperd;
Q = 0



Als bijv. C = 0
is V5 gesperd en
V3 geleidend;
Q = 1

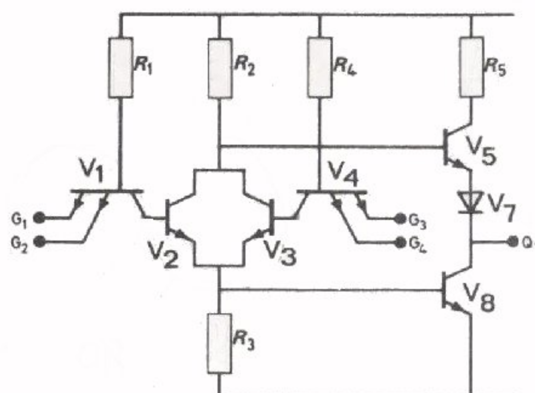
- Een klein digitaal systeem kwam ter sprake. Het betrof een alarm-systeem, waarbij een claxon begint te loeien als er iets fout gaat. Tegelijkertijd begint een lampje te knipperen. Bij reparatie drukt de monteur op een knop, waardoor de claxon niet meer loeit. Het knipperlicht gaat dan continu branden, waaraan zichtbaar is dat de monteur met reparatie bezig is.

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1.



Deze schakeling bestaat uit:

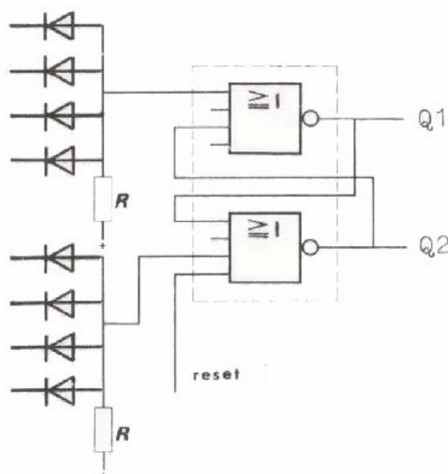
- twee [ ] -poorten met elk twee ingangen.
- een [ ] -poort met twee ingangen.
- één uitgangstrap.

- De uitgangstrap wordt gevormd door de componenten: [ ]

- Hoe heet de uitvoeringsvorm van deze schakeling ?

DTL	0
TTL	0
RTL	0

2.



- De diodeschakelingen hebben de [ ] -functie.

- De twee NOR's hebben tezamen de [ ] -functie.

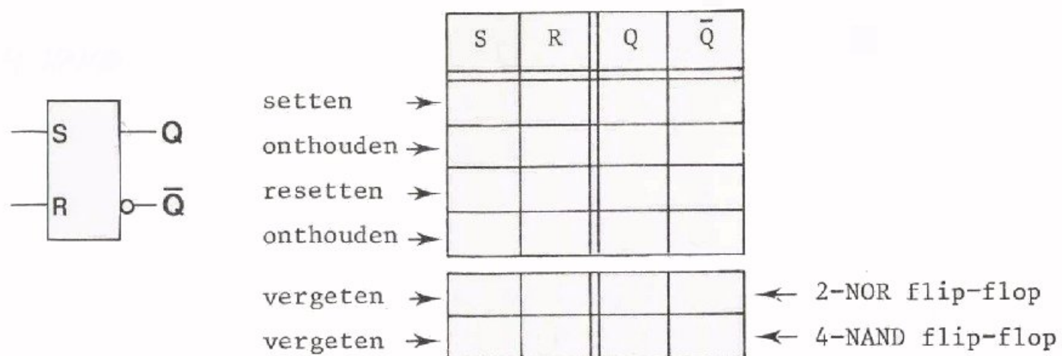
- Het symbool voor laatstgenoemde functie is:

[ ]

- Terwijl alle ingangen "0" zijn wordt aan de "reset"-ingang een "1" toegevoerd.

  Nu is Q1 = [ ] en Q2 = [ ]

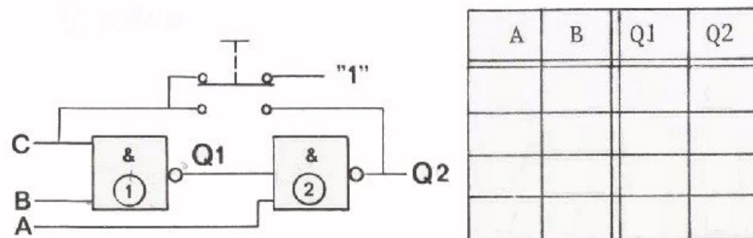
3. Stel de volgordetabel van de SR flip-flop op, voor de gegeven toestanden.



S	R	Q	Q̄

S	R		

4.

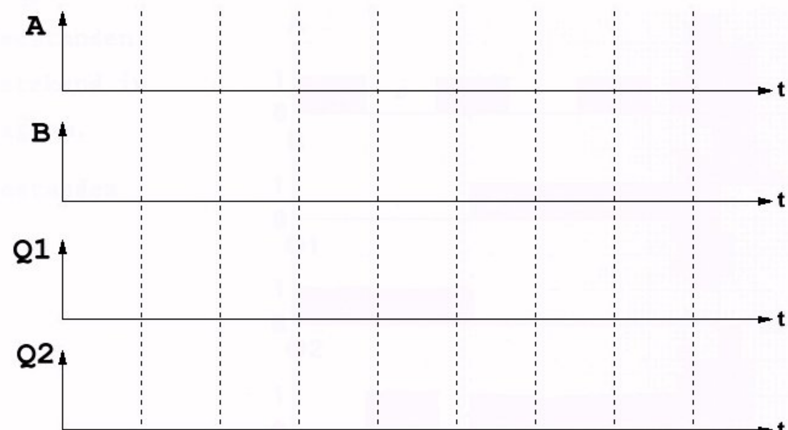


A	B	Q1	Q2

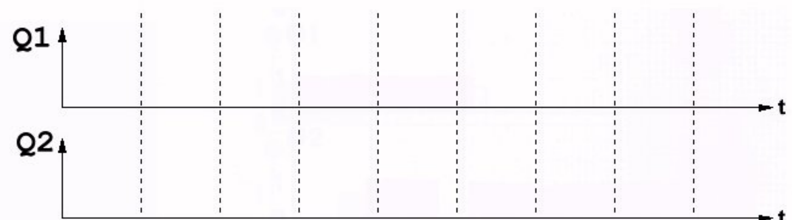
- Vul de waarheidstabel in voor de getekende situatie.

- Aan A en B worden toestanden toegevoerd, zoals getekend in het tijd-volgordediagram.

  Teken de uitgangstoestanden van Q1 en Q2.



- De schakelaar wordt ingedrukt. Teken nu voor dezelfde toestanden van A en B, de uitgangstoestanden van Q1 en Q2.



- Als ingang C met Q2 verbonden is, heeft de schakeling de

[ ] - functie.

D 11

D I G I T A L E   S Y S T E M E N   I I

INLEIDING

- In de vorige lessen zijn de SR flip-flop's besproken.
- Vervolgens hebben we diverse praktische uitvoeringen van de NOR- en NAND-functie ter sprake gebracht.:
  DTL - uitvoering
  RTL - uitvoering
  TTL - uitvoering

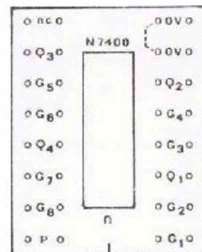
Daarna hebben we een voorbeeld van een klein digitaal systeem besproken. Het betrof een alarmsysteem. We hebben dit systeem op het paneel gebouwd en eraan gemeten.

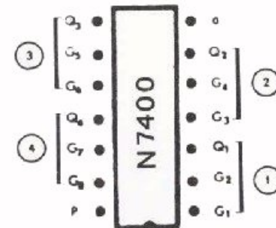
- In deze les bouwen we met alléén de NAND-blokjes, de volgende functies op het paneel:
  een AND - functie
  een OR - functie
  een NOR - functie
  een SET-RESET flip-flop

Van elke functie meten we hoe de waarheidstabel (eventueel de volgorde-tabel) is samengesteld.

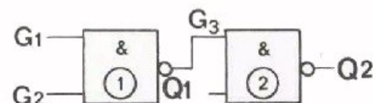
Tot slot bespreken we een klein digitaal systeem dat betrekking heeft op het automatisch bedienen van schuifdeuren.

OPDRACHT: BASISSCHAKELINGEN MET NAND's





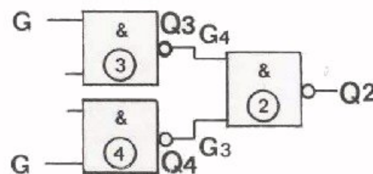
- De aansluitingen van de vier NAND-functies in het IC N7400 op de contacten van de 4 NAND-modul zijn linksboven getekend. Ernaast zijn de plaatsen van de aansluitingen op het IC aangegeven.
- Plaats de 4 NAND-, de voeding- en de indicatormodul op het paneel.
- Schakel de voedingsspanning in.
- Controleer alle NAND-functies van een 4 NAND-modul.
- Schakel de voedingsspanning uit.



- Bouw de schakeling op het paneel.
- Sluit Q_2 aan op de indicator B_1.

G1	G2	Q2
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

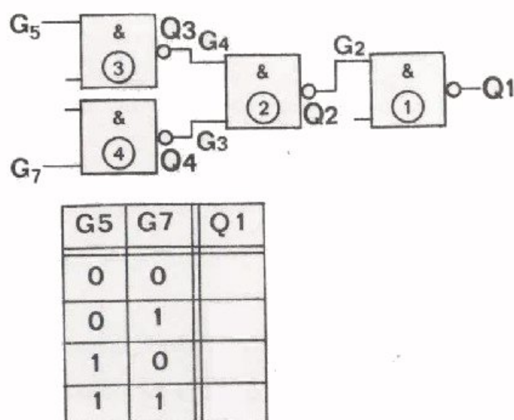
- Schakel de voedingsspanning in.
- Noteer in de waarheidstabel voor de verschillende ingangstoestanden de bijbehorende uitgangstoestand van Q2.
- Dit is een [ ] functie.
- Schakel de voedingsspanning uit.



- Bouw deze schakeling op het paneel.
- Sluit Q_2 aan op de B_1 van de indicator.

G5	G7	Q2
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

- Noteer in de waarheidstabel de uitgangstoestand van Q2.
- Dit is een [ ] functie.
- Schakel de voedingsspanning uit.

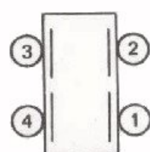


G5	G7	Q1
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

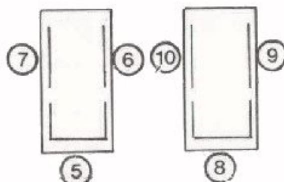
- Bouw de vorige schakeling verder uit tot het aangegeven schema.
- Sluit Q1 aan op B1.
- Noteer in de waarheidstabel de uitgangstoestand van Q1.
- Dit is een [ ] functie.
- Breek de schakeling af.

AFSPRAKEN BIJ HET OPBOUWEN VAN SCHAKELINGEN OP HET PANEEL.

In de komende lessen komt het voor dat U tamelijk ingewikkelde schakelingen op het paneel moet bouwen. Wanneer we bijvoorbeeld een NAND gebruiken is het voldoende te weten dat Q de uitgang is, dat de ingangen met G aangeduid worden en welke G's bij een bepaalde Q behoren. In het vervolg geven we alléén aan welk gedeelte van een IC op de modul voor een bepaald blokje gebruikt dient te worden.

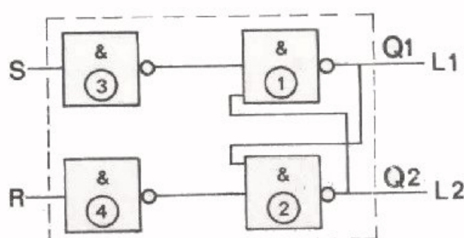


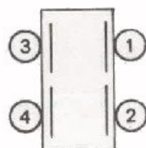
4 NAND-modul
(IC N7400)



3 NAND-modul
(IC N7410)

OPDRACHT: VERVOLG BASISSCHAKELINGEN MET NAND's.





4 NAND-modul

Bouw deze SR flip-flop met vier NAND's op het paneel.

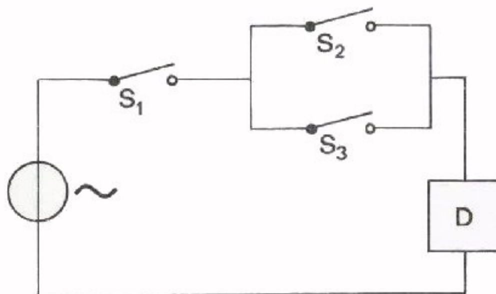
Meet de toestanden van Q1 en Q2.

S	R	Q1	Q2
0	0		
0	1		
1	0		
0	0		
0	1		
1	1		
1	0		
0	0		

Geef bij de volgorde-tabel de onthoudtoestand aan en de toestand die vermeden moet worden.

AUTOMATISCH BEDIENDE DEUREN

Reeds in D4 hebben we kennis gemaakt met een eenvoudige automatische deurbediening.



De deur gaat open als:

- De eigenaar de hoofdschakelaar S_1 gesloten heeft

EN

- een klant op de deurmat buiten trapt (S_2)

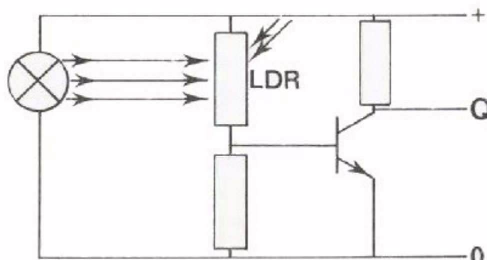
OF

- een klant op de deurmat binnen trapt (S_3)

We gaan een ingewikkelder automatische schuifdeurbediening bekijken, zoals deze in een groot gebouw kan voorkomen. Daarbij moeten:

- de schuifdeuren open gaan als iemand naar de deuren toe loopt.
- de schuifdeuren sluiten als iemand van de deuren af loopt.

Op het volgende blad zijn de schuifdeuren getekend. Aan weerszijden van de deuren bevinden zich twee LDR-schakelingen: A en B aan de ene kant, C en D aan de andere kant.



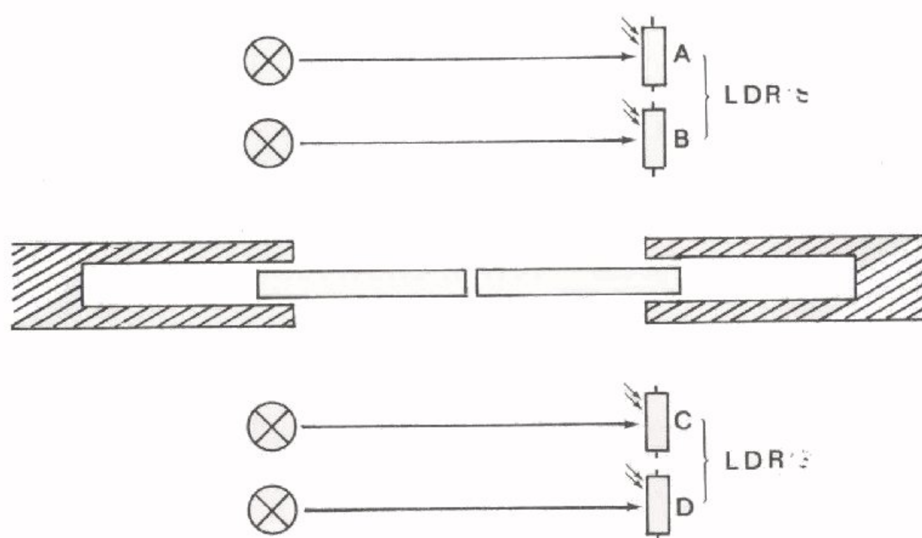
Elke LDR is opgenomen in een schakeling zoals hier is geschetst. Als de LDR door een smalle lichtbundel van de lamp wordt getroffen, is zijn weerstand klein, waardoor de transistor geleidt en U_{CE} laag is (Q = 0).

Zodra een bezoeker door de lichtbundel van de lamp loopt, valt er geen licht meer op de LDR. Daardoor neemt de LDR-weerstand toe en geleidt de transistor niet meer. U_{CE} wordt hoog (Q = 1).

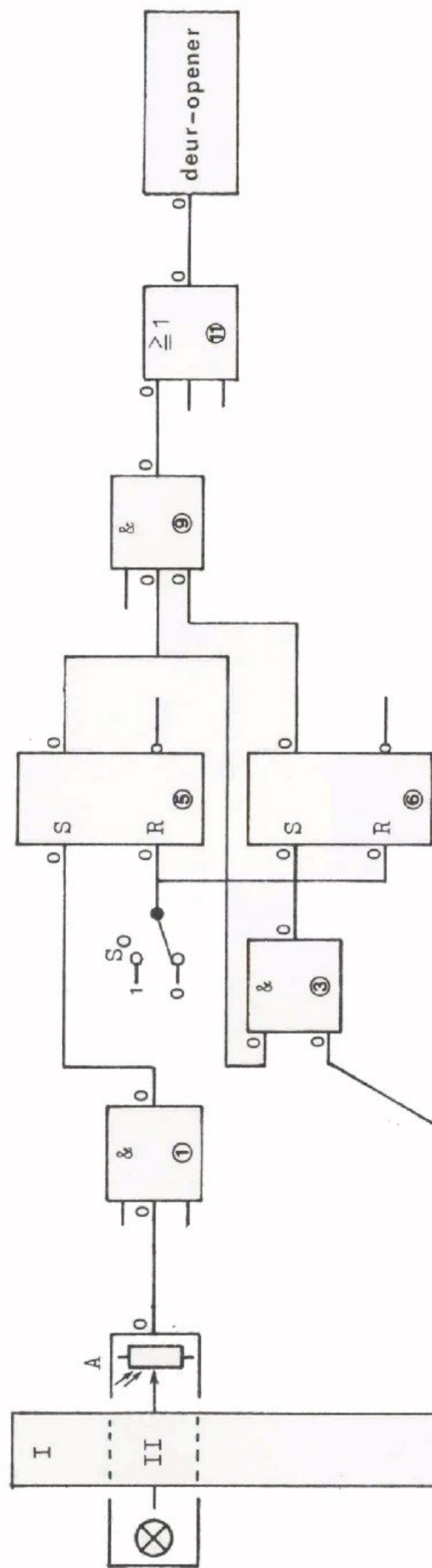
Op de volgende bladen gaan we de werking van het systeem aan de hand van een aantal blokschema's bespreken. We beginnen met een déél van het schema. Dit wordt naderhand in stappen uitgebreid tot het volledig schema.

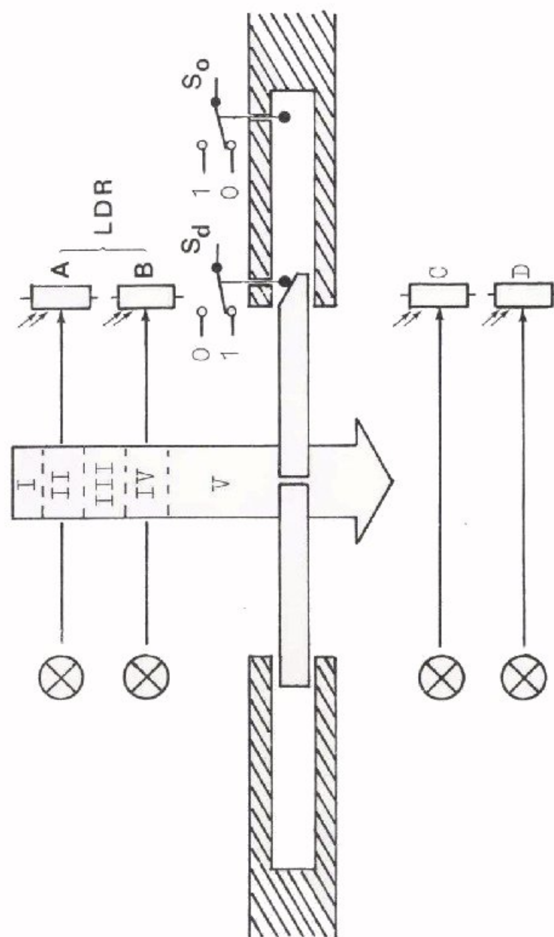
Voor het openen van de schuifdeuren is een motor nodig, voor het sluiten een andere. In de blokschema's op de volgende bladen is de motor voor het openen (met bijbehorende hulpschakeling) aangegeven door een blok "deur-opener". De motor voor het sluiten (eveneens met bijbehorende hulpschakeling) wordt aangegeven met een blok "deur-sluiter".

SCHUIFDEUREN MET LDR SCHAKELINGEN



SITUATIE BIJ GESLOTEN DEUREN





HET OPENEN VAN DE SCHUIFDEUREN.

I Op blad 6 is het blokschema getekend van de blokken die nodig zijn voor het openen van de deuren, als men ze vanaf de zijde AB nadert. In het blokschema is met "nullen" en "enen" de begintoestand met gesloten deuren weergegeven.

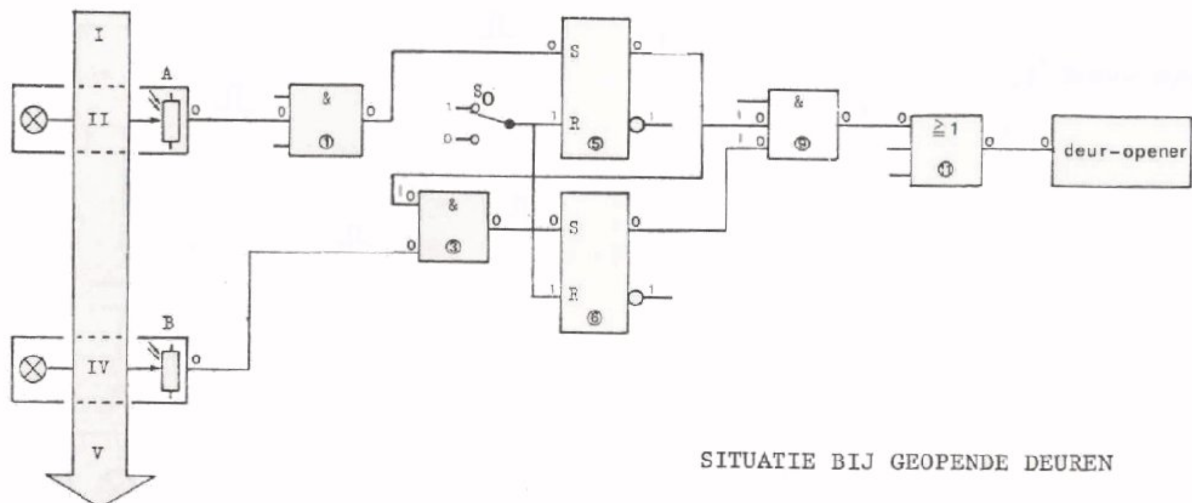
II Als een bezoeker LDR A passeert, geeft deze LDR-schakeling in plaats van Q = 0 éven het signaal Q = 1 af. Via AND ① wordt dan flip-flop ⑤ geset, waardoor AND ③ een "1" krijgt toegevoerd. Ook AND ⑨ krijgt dan een "1" toegevoerd (de andere ingang is nog "0"). Geef deze verandering op blad 6 aan.

III Flip-flop ⑤ is als geheugen nodig om ervoor te zorgen, dat AND ③ een "1" blijft ontvangen, nadat de bezoeker LDR A reeds is gepasseerd.

IV Als de bezoeker ná LDR A eveneens LDR B passeert, geeft ook deze schakeling een "1" af. Hierdoor wordt flip-flop ⑥ via AND ③ geset, waardoor een "1" aan AND ⑨ wordt toegevoerd. Pas nu beide ingangen van AND ⑨ "1" zijn, geeft deze AND een "1" af aan de "deur-opener". De schuifdeuren gaan open.

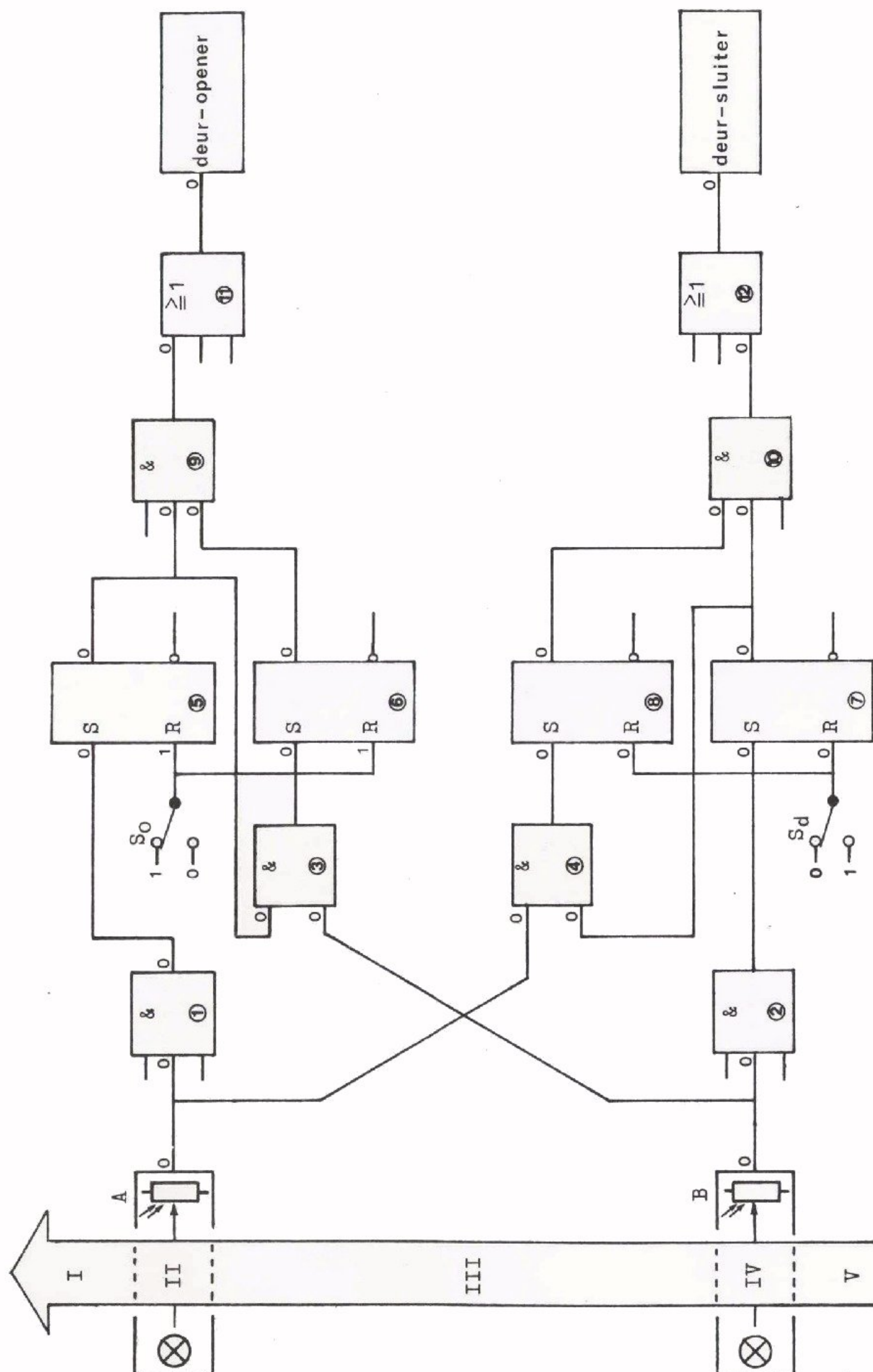
Zodra de deuren helemaal open zijn, wordt schakelaar S_0 door de deur omgezet. Daardoor worden de flip-flop's ⑤ en ⑥ gereset. AND ⑨ krijgt weer twee "nullen" toegevoerd en de motor voor het openen stopt.

V De bezoeker bevindt zich nu tussen de B-lichtbundel en de geopende deuren. Hij kan de deuren passeren.



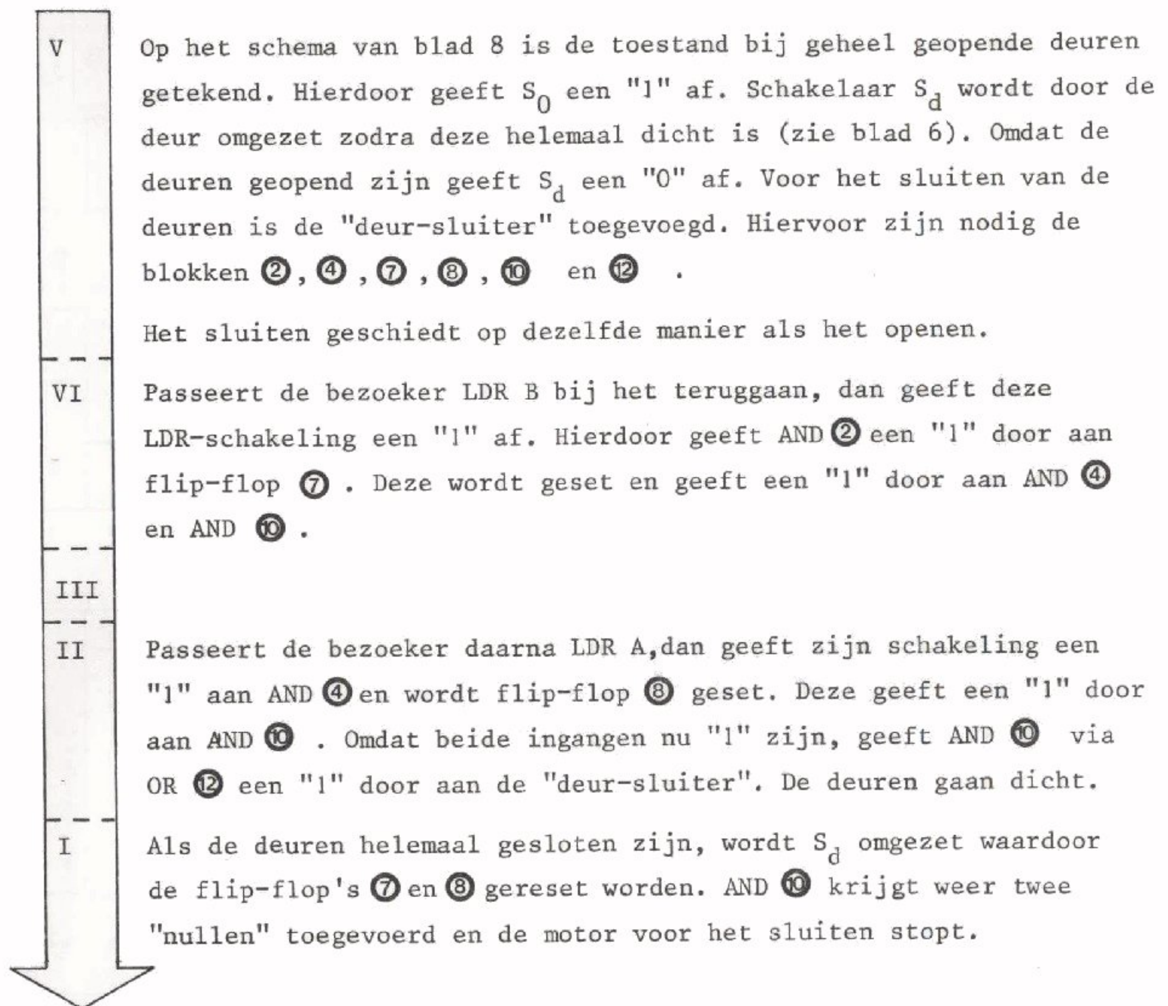
SITUATIE BIJ GEOPENDE DEUREN

SITUATIE BIJ GEOPENDE DEUREN



HET SLUITEN VAN DE SCHUIFDEUREN

Als de bezoeker zich weer van de deuren verwijdert moeten de deuren gesloten worden. Voor de eenvoud veronderstellen we dat de bezoeker zich bij de deuren heeft bedacht en via de B-lichtbundel en de A-lichtbundel terug wil lopen. Voor het sluiten van de deuren zijn nög een aantal blokken nodig. Deze zijn op blad 8 toegevoegd.



Op het schema van blad 8 is de toestand bij geheel geopende deuren getekend. Hierdoor geeft S_0 een "1" af. Schakelaar S_d wordt door de deur omgezet zodra deze helemaal dicht is (zie blad 6). Omdat de deuren geopend zijn geeft S_d een "0" af. Voor het sluiten van de deuren is de "deur-sluiter" toegevoegd. Hiervoor zijn nodig de blokken ②, ④, ⑦, ⑧, ⑩ en ⑫ .

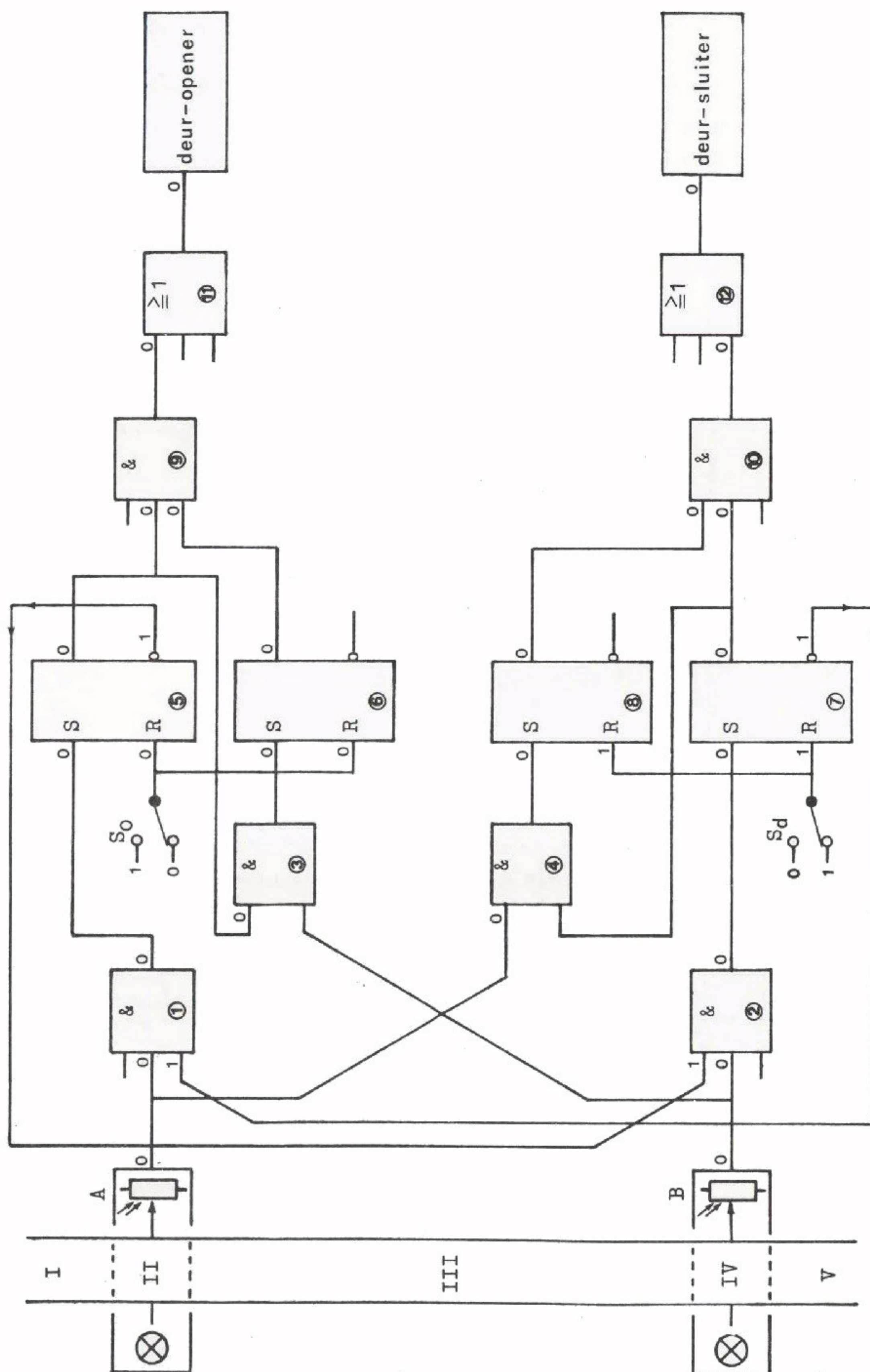
Het sluiten geschiedt op dezelfde manier als het openen.

Passeert de bezoeker LDR B bij het teruggaan, dan geeft deze LDR-schakeling een "1" af. Hierdoor geeft AND ② een "1" door aan flip-flop ⑦ . Deze wordt geset en geeft een "1" door aan AND ④ en AND ⑩ .

Passeert de bezoeker daarna LDR A,dan geeft zijn schakeling een "1" aan AND ④ en wordt flip-flop ⑧ geset. Deze geeft een "1" door aan AND ⑩ . Omdat beide ingangen nu "1" zijn, geeft AND ⑩ via OR ⑫ een "1" door aan de "deur-sluiter". De deuren gaan dicht.

Als de deuren helemaal gesloten zijn, wordt S_d omgezet waardoor de flip-flop's ⑦ en ⑧ gereset worden. AND ⑩ krijgt weer twee "nullen" toegevoerd en de motor voor het sluiten stopt.

SITUATIE BIJ GESLOTEN DEUREN



VERGRENDELINGEN

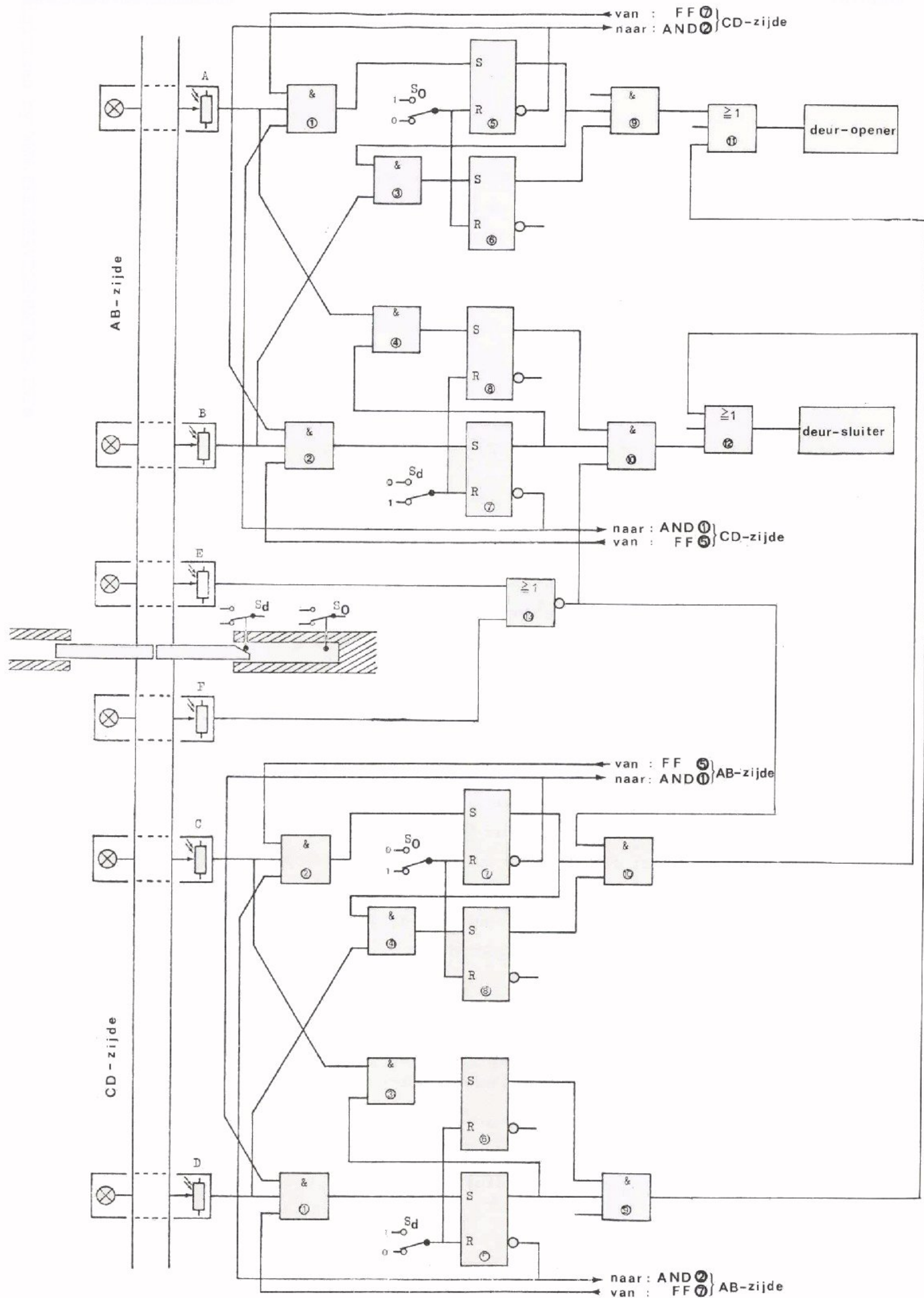
We moeten opmerken dat de schakeling nog niet compleet is. Als namelijk door het passeren van de LDR's A en B de flip-flop's ⑤ en ⑥ geset zijn, gaan de deuren open. Zodra ze al iets geopend zijn, wordt S_d al omgezet. Tijdens het verder openen van de deuren kunnen nu echter de flip-flop's ⑦ en ⑧ óók geset worden als iemand anders A en B passeert. Dit mag natuurlijk niet gebeuren. We moeten ervoor zorgen dat na het passeren van LDR A bij *gesloten* deuren, de deur-*sluiter* vergrendeld wordt; dat wil zeggen, dat deze niet op gang gebracht kan worden. Omgekeerd moet na het passeren van LDR B bij *open* deuren, de deur-*opener* vergrendeld worden. In het volledige blokschema op blad 10 is te zien hoe dat bereikt kan worden. Hier is weer de begintoestand getekend bij gesloten deuren: S_d geeft een "1" af en S_0 een "0". De uitbreidingen komen nu stuk voor stuk ter sprake.

II — Als een bezoeker LDR A passeert, wordt via AND ① een "1" doorgegeven aan flip-flop ⑤. Deze wordt geset en geeft een "1" door aan AND ⑨. De andere uitgang van flip-flop ⑤ is voor de vergrendeling doorverbonden met een ingang van AND ②. Deze uitgang geeft na het setten in plaats van een "1", een "0" af. Daardoor is het AND ② onmogelijk gemaakt een "1" door te geven voor de deur-sluiter. Met andere woorden: de deur-sluiter is vergrendeld.

IV — Passeert de bezoeker daarna LDR B, dan geeft deze via AND ③ een "1" af aan flip-flop ⑥. De gesette flip-flop ⑥ geeft op zijn beurt een "1" door aan AND ⑨. Tenslotte geeft AND ⑨ via OR ⑪ een "1" door aan de deur-opener. De deuren worden geopend. Als de deuren helemaal open zijn, wordt S_0 omgezet. Hierdoor worden flip-flop ⑤ en ⑥ gereset.

IV — Het sluiten van de schuifdeuren gebeurt op dezelfde manier. Passeert een bezoeker eerst LDR B, dan wordt flip-flop ⑦ geset. Flip-flop ⑦ geeft een "1" door aan AND ⑩ en bovendien een "0" aan AND ① om de deur-opener te vergrendelen.

II — Als daarna LDR A wordt gepasseerd, wordt een "1" via AND ④ en flip-flop ⑧ aan AND ⑩ toegevoerd. Deze geeft via OR ⑫ een "1" door aan de deur-sluiter. De deuren sluiten.


van : FF ⑦
naar : AND ②
CD-zijde
A
S0
S
R
deur-opener
≥1
AB-zijde
B
Sd
deur-sluiter
naar : AND ①
van : FF ⑤
CD-zijde
E
F
van : FF ⑤
naar : AND ①
AB-zijde
C
CD-zijde
D
naar : AND ②
van : FF ⑦
AB-zijde

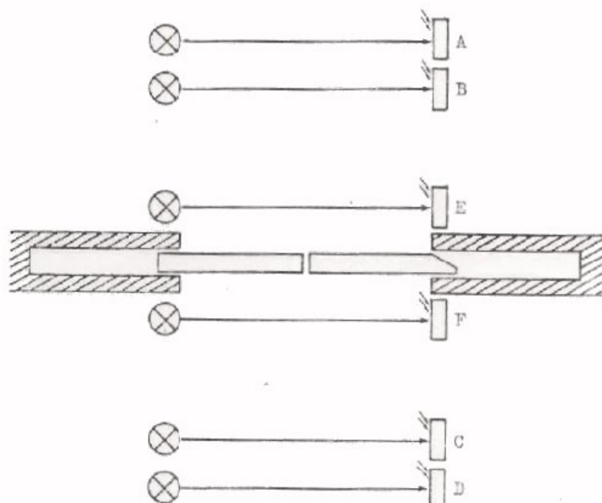
D11.12

HET NADEREN VAN DE DEUREN VANAF BEIDE ZIJDEN

Tot nu toe hebben we uitsluitend gesproken over het naderen van de deuren via de LDR-schakelingen A en B en het zich verwijderen van de deuren via B en A. De deuren moeten echter ook openen als men ze benaderd via de LDR-schakelingen D en C en sluiten als men achtereenvolgens C en D passeert. Daarvoor is voor de CD-zijde eenzelfde schakeling nodig als voor de AB-zijde (de blokken ① tot en met ⑩). Blok ⑪ met de deur-opener en blok ⑫ met de deur-sluiter zijn gemeenschappelijk. Zij kunnen zowel vanaf de AB-zijde als van de CD-zijde bediend worden. Op blad 2 is het blokschema van het gehele systeem getekend. Hierin ziet U nog twee LDR-schakelingen E en F en een gemeenschappelijk blok. ⑬ Dit komt nog ter sprake.

Er moet nu een vergrendeling plaatsvinden naar *beide* zijden tegelijk. Als een bezoeker bij gesloten deuren LDR A passeert, moet niet alleen een vergrendeling tussen B en de deur-sluiter plaatsvinden, maar ook een tussen C en de deur-sluiter. Passeert een bezoeker vanaf de geopende LDR B, dan moet niet alleen een vergrendeling plaatsvinden tussen A en de deur-opener, maar ook tussen D en de deur-opener. Om dit te bereiken zijn aan de AND's ① en ② niet alleen vergrendelingsverbindingen vanaf het eigen systeem aangebracht maar ook vanaf het CD-systeem.
Omgekeerd zijn de overeenkomstige AND's ① en ② van het CD-systeem niet alleen verbonden met het eigen systeem maar ook met het AB-systeem.

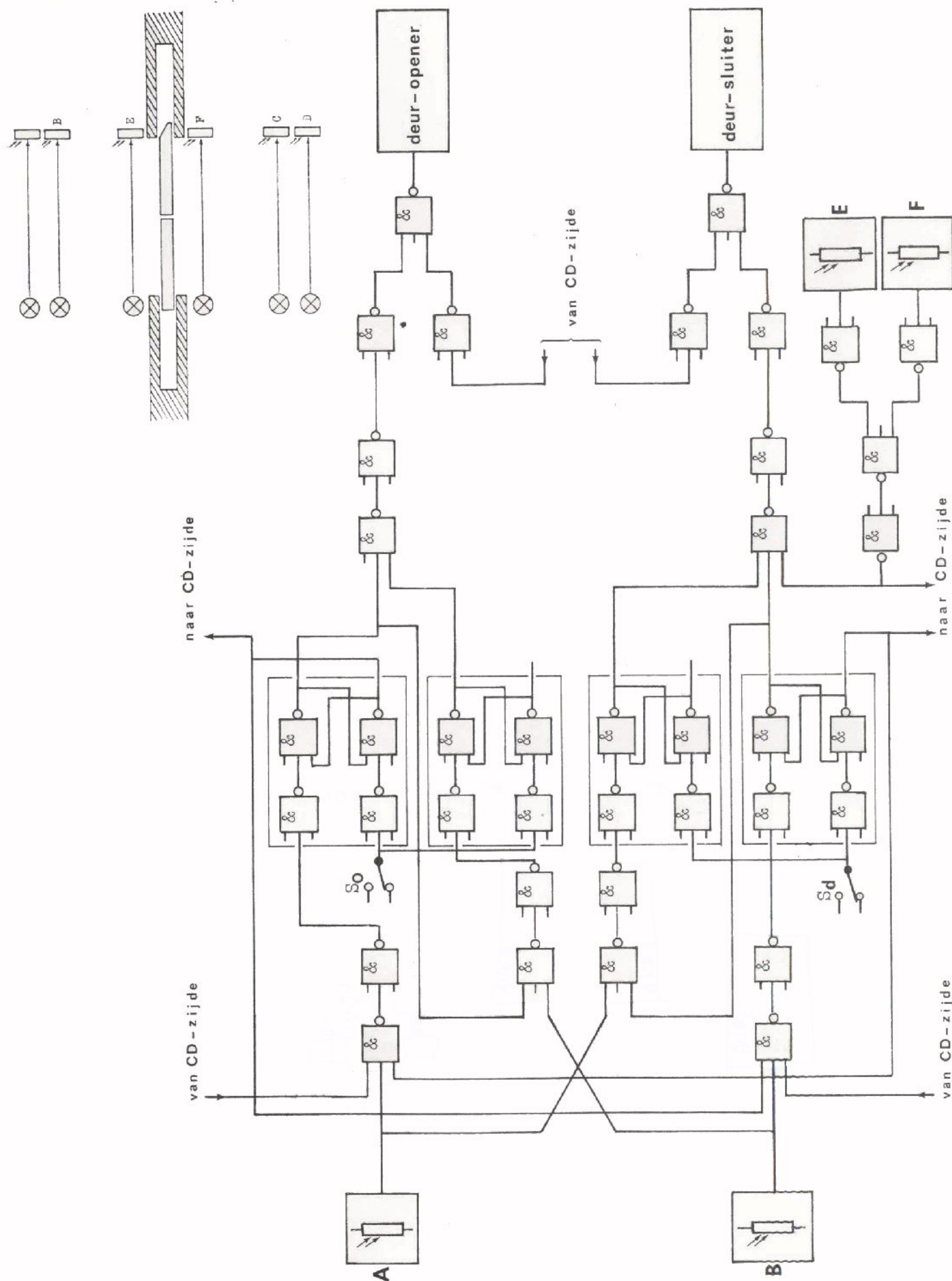
Tenslotte wijzen we op een bijzondere situatie die op kan treden. Veronderstel dat twee bezoekers via A en B bij de daardoor geopende deuren komen. Als de bezoeker in de deuropening blijft staan en de andere doorloopt via C en D, zouden de deuren gaan sluiten en de bezoeker raakt tussen de deuren bekneld.



Om dit te voorkomen zijn dicht bij de deuren de LDR-schakelingen E en F aangebracht. Bevindt iemand zich tussen de geopende deuren, dan wordt de lichtbundel van E en/of F onderbroken. Daardoor geven E of F of beide een "1" aan NOR ⑬ . Deze NOR geeft een "0" aan AND ⑩ , zodat AND ⑩ geen "1" meer kan doorgeven aan de deur-sluiter. De deur-sluiter is via NOR ⑬ vergrendeld.

Het gehele systeem kan gebouwd worden met uitsluitend NAND's, maar ook met uitsluitend NOR's. Op blad 15 ziet u de realisatie met uitsluitend NAND's. Herkent U de functies AND, OR, SR flip-flop en NOR ? Omlijn de functies en vermeld daarbij het bloknummer zoals vermeld op blad 12.

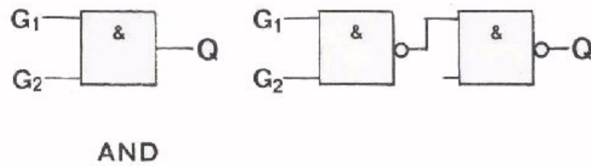
TOESTAND BIJ GESLOTEN DEUREN



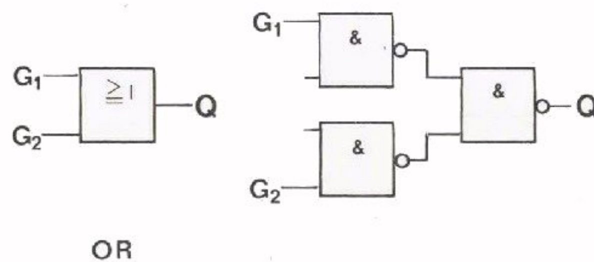
D11.15

SAMENVATTING

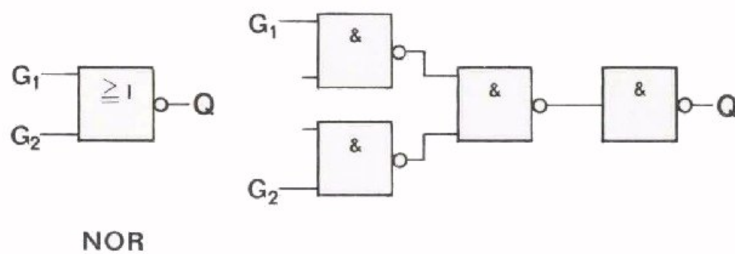
- Met uitsluitend NAND's kunnen we de volgende basisfuncties op de geschetste manier realiseren.



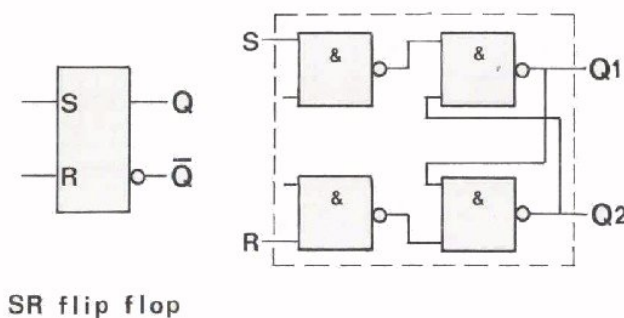
G_1	G_2	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



G_1	G_2	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



G_1	G_2	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



S	R	Q1	Q2
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	1	1

- In deze les is een automatische schuifdeuren-bediening besproken. De schuifdeuren gaan automatisch open als iemand naar de deur toe loopt en gaan dicht als iemand van de deur af loopt. Om het tegelijkertijd bedienen van de deur-*opener* en de deur-*sluiter* onmogelijk te maken zijn vergrendelingen aangebracht. Bovendien is een beveiliging aanwezig, die het sluiten van de deuren onmogelijk maakt, als iemand zich tussen de deuren bevindt.

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1. Probeer zonder in voorgaande lessen te kijken, onderstaande functies te realiseren met uitsluitend NOR's.

OR

A, B, C → ≥ → Q

AND

A, B, C → & → Q

SR flip-flop

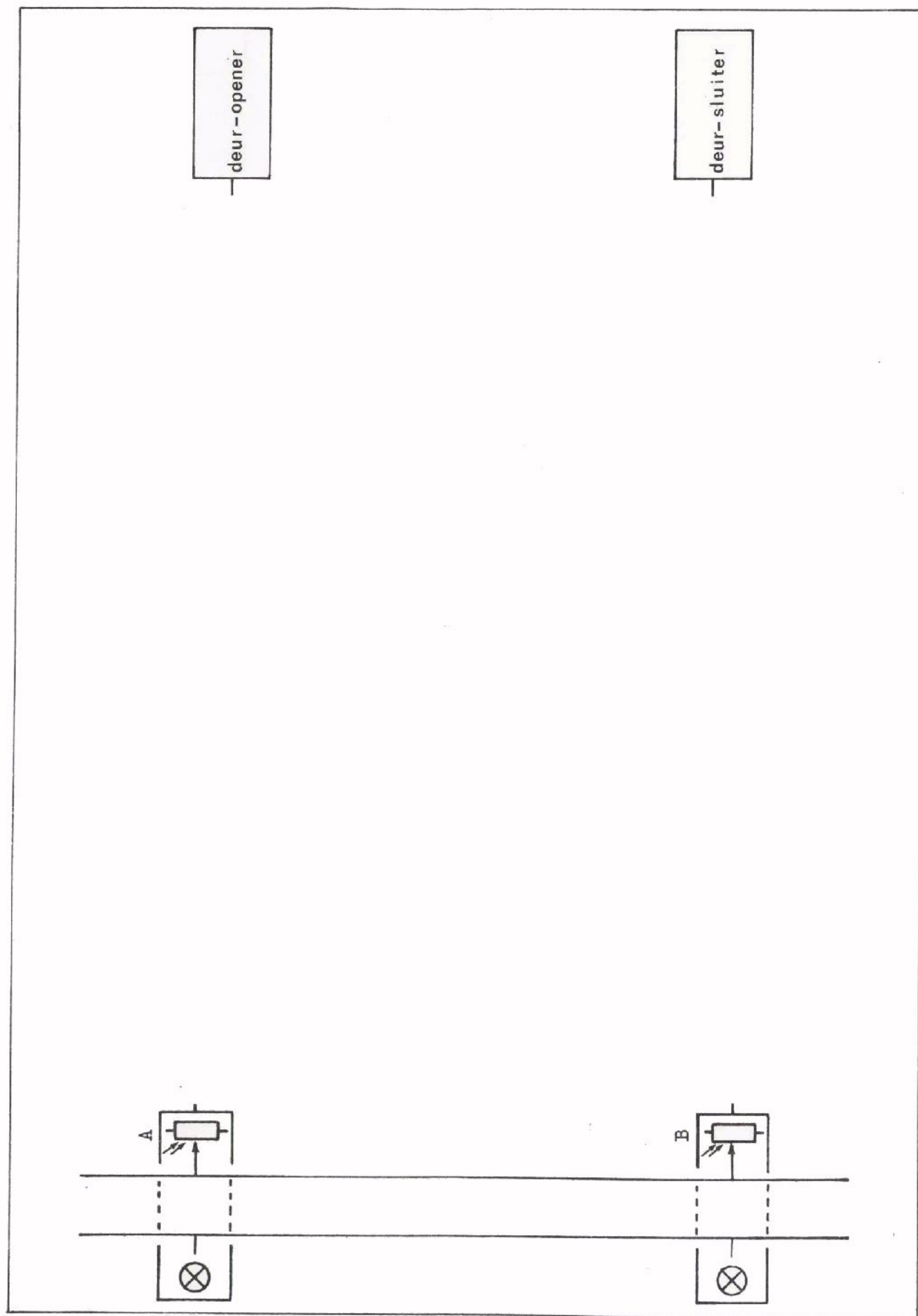
S → Q

R → $\overline{Q}$

NAND

A, B, C → & → Q

2. Op blad 15 staat het schema van blad 12 uitgevoerd met uitsluitend NAND's.
Teken op blad 18 het schema van blad 12 uitgevoerd met uitsluitend NOR's.



deur-opener
deur-sluiter
A
B

D 12

H E R H A L I N G

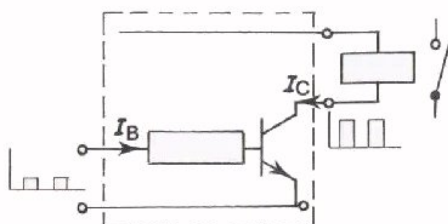
INLEIDING

U hebt al heel wat geleerd over digitale techniek. Het is voor U en voor ons van belang te weten of U werkelijk alles begrepen hebt. In deze les wordt het voorgaande nog eens op een rijtje gezet. We herhalen vele begrippen en geven U door oefeningen de gelegenheid te ontdekken waar Uw kennis nog onvoldoende is.

Deze herhaling is bedoeld als een voorbereiding op de volgende les, die bestaat uit een test.

DIGITALE VERWERKING VAN INFORMATIE

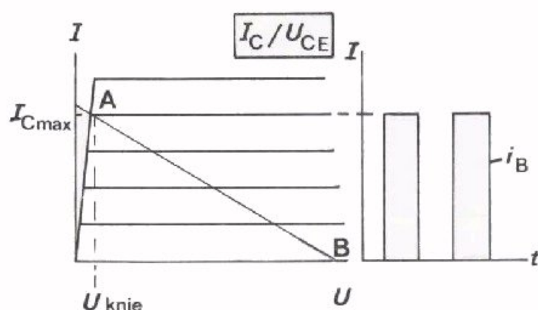
Een voorbeeld van "digitale verwerking" is een eindtrap die een relais of een gloeilamp "in" en "uit" schakelt.



Wordt daarvoor een NPN-transistor gebruikt dan moet de transistor bij ingangsspanning nul "afgeknepen" zijn en bij een positieve ingangsspanning "in verzadiging".

Is de ingangsspanning óf 0V ("0"), óf positief ("1"), dan heeft het ingangssignaal een *beperkt aantal waarden*, namelijk twee.
Het is dus een *digitale* ingangsinformatie.

Het uitgangssignaal is óf géén stroom, óf een stroom I_C, die het relais bekrachtigt. Ook het uitgangssignaal heeft een *beperkt aantal waarden*.
Het is dus een *digitale* uitgangsinformatie.



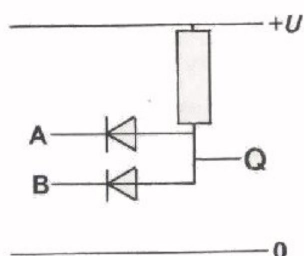
De digitale ingangsspanning veroorzaakt een eveneens digitale basisstroom i_B. Daardoor is de transistor óf in punt A, óf in punt B ingesteld. Er is slechts een *beperkt aantal* instelpunten, in dit geval *twee*.
Er is hier sprake van een *digitale verwerking* van informatie.



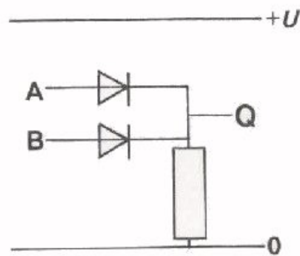
Bij *digitale verwerking* van informatie wordt een digitale ingangsinformatie verwerkt tot een eveneens digitale uitgangsinformatie. De verwerkende schakeling moet een *beperkt aantal* instelpunten (meestal *twee*) in kunnen nemen.

EENVOUDIGE BASISSCHAKELINGEN

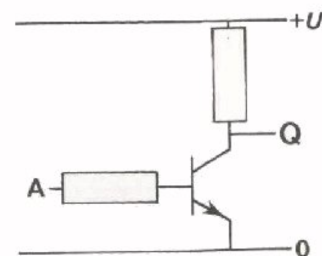
- Voorbeelden van elektronische schakelingen die de drie basisfuncties vervullen.



AND-functie



OR-functie



NOT-functie

A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

A	Q
0	1
1	0

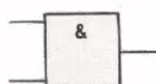
- De gegeven AND-, OR- en NOT-functie kunnen we omschrijven als:

AND	Q = 1 als A = 1 EN B = 1	
OR	Q = 1 als A = 1 OF B = 1 OF A = 1 EN B = 1	
NOT	Q = 1 als A = 0	Q = 0 als A = 1

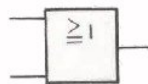
of ook

NOT	Q = 1 als A $\neq$ 1	Q = 0 als A $\neq$ 0

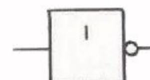
- De schemasymbolen van de basisfuncties zijn:



AND



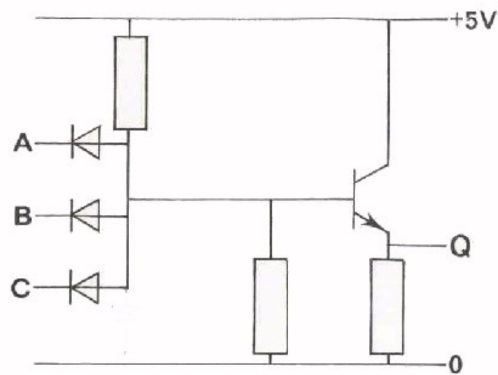
OR



NOT

TEST UZELF

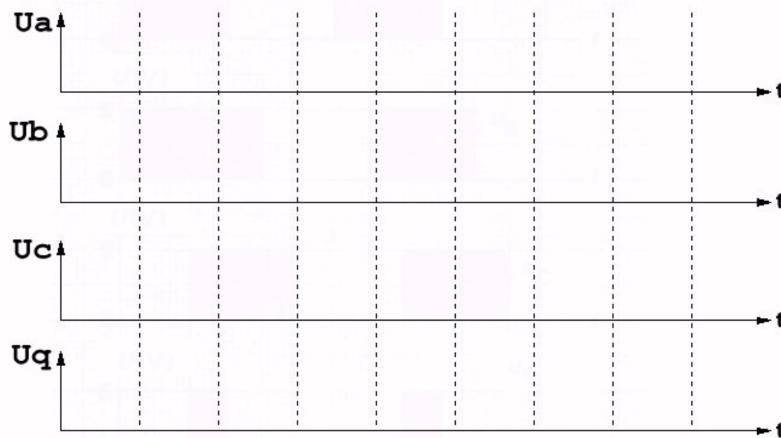
1.



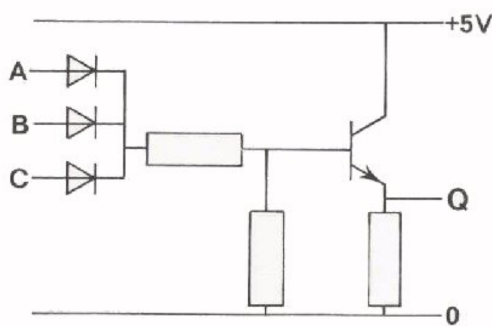
Aan deze schakeling worden onderstaande spanningen toegevoerd.

De schakeling mag ideaal gesteld worden. Dat wil zeggen dat over de dioden en de transistor in geleidende toestand geen spanningen staan.

Teken de uitgangsspanning u_Q.



2. Vul de waarheidstabel van de schakeling in.

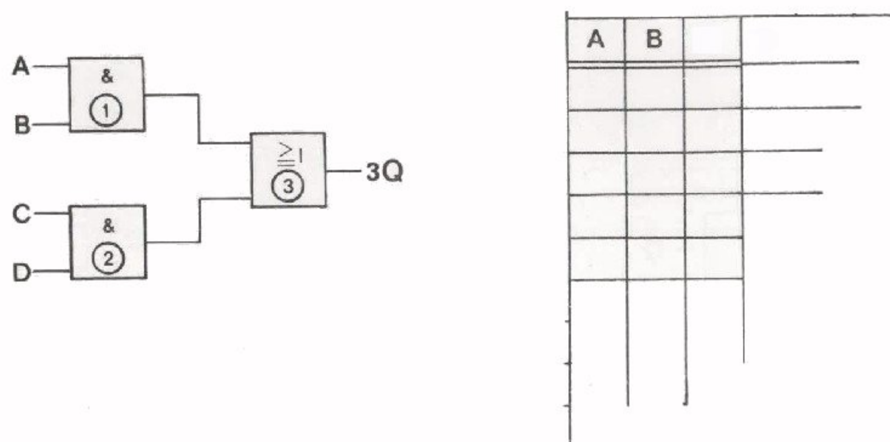


A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

3. Een schakeling met vier ingangen kan [ ] verschillende ingangstoestanden hebben.

De waarheidstabel van deze schakelingen heeft dus [ ] regels.

- Maak een waarheidstabel voor onderstaande schakeling en vul deze in.

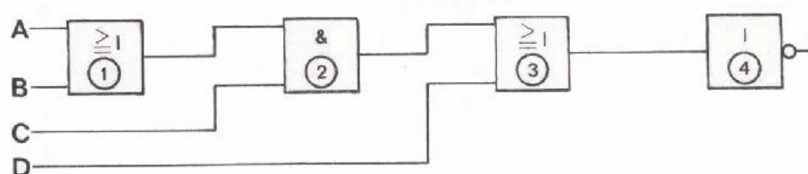


4. Algebraïsch geven we een AND-functie aan met Q = A.B.C

een OR -functie met Q = A+B+C

een NOT-functie met Q = $\bar{A}$

- Geef de algebraïsche notatie van de uitgangssignalen van onderstaande schakeling, uitgedrukt in A, B, C en D.



1Q = [ ] 2Q = [ ]

3Q = [ ] 4Q = [ ]

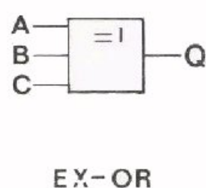
- Als A = 0, B = 1, C = 1 en D = 0, wat is dan 4Q ?

Vul in het schema de "nullen" en "enen" in, om tot de oplossing te komen.

4Q = [ ]

FUNCTIE-HERKENNING

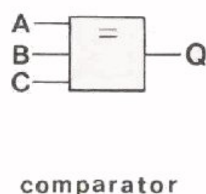
Een functie kunnen we herkennen met behulp van de waarheidstabel. Voor de AND-, OR- en NOT-functie is dit vrij eenvoudig, maar voor meer ingewikkelde functies is de waarheidstabel een dankbaar hulpmiddel. Wij geven de functiesymbolen en de waarheidstabellen van de *exclusieve or* of *ex-or* en van de *comparator*.

- 

EX-OR

A	B	C	Q
0	0	0	0
0	0	1	1 ←
0	1	0	1 ←
0	1	1	0
1	0	0	1 ←
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Q = 1 als *slechts één* van de ingangen "1" is.

- 

comparator

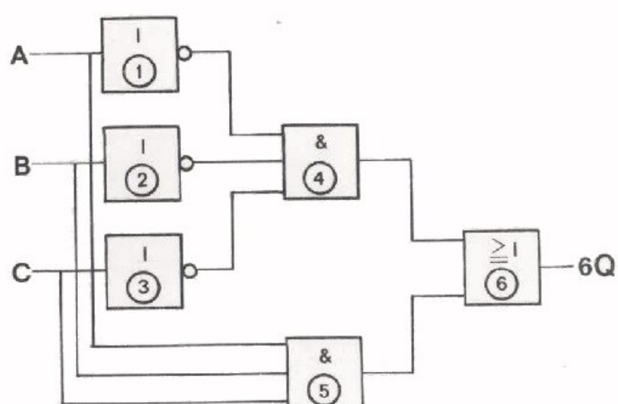
A	B	C	Q
0	0	0	1 ←
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1 ←

Q = 1 als óf *alle* ingangen "0" zijn,
óf *alle* ingangen "1" zijn.

Dus Q = 1 als *alle* ingangen *gelijk* zijn.

TEST UZELF

Hier volgen een aantal schakelingen. Maak bij elke schakeling de waarheidstabel verder af en vermeld welke functie de schakeling vervult.



A	B	C	4Q	5Q	6Q

1Q = ☐

2Q = ☐

3Q = ☐

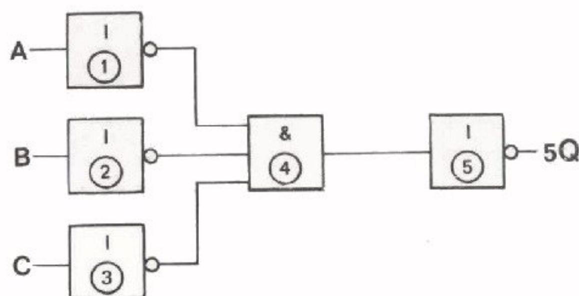
4Q = ☐

5Q = ☐

6Q = ☐

Deze schakeling heeft de ☐ -functie.

2.



A	B	C	4Q	5Q

1Q = ☐

2Q = ☐

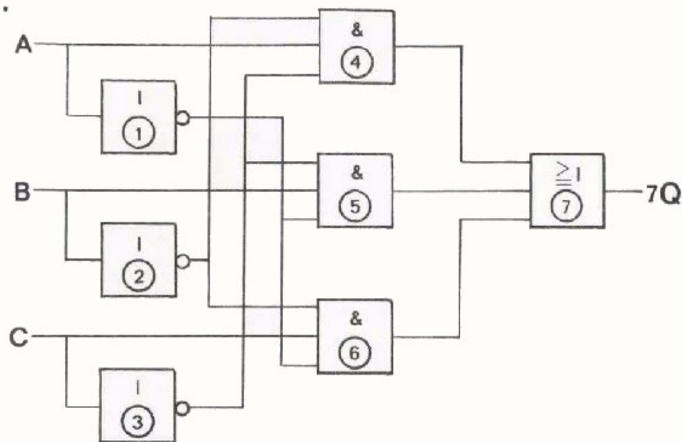
3Q = ☐

4Q = ☐

5Q = ☐

Deze schakeling heeft de ☐ -functie.

3.



1Q =

2Q =

3Q =

4Q =

5Q =

6Q =

7Q =

A	B	C	4Q	5Q	6Q	7Q
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

Deze schakeling heeft de [ ] -functie.

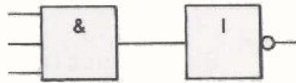
Hoe luidt de functie in woorden ?

De uitgang 7Q = 1 als: ______

NAND EN NOR

De meest gebruikte bouwstenen in de digitale techniek zijn de NAND- en de NOR-functie.

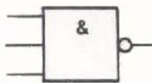
De NAND is een AND-functie gevolgd door een NOT-functie.



Voor de NAND-functie geldt de algebraïsche notatie

$$Q = \overline{A.B.C}$$

De uitgang is alléén "0" als alle ingangen "1" zijn.



Het symbool van de NAND is ontstaan door de symbolen van de AND en de NOT als het ware op elkaar te leggen. De 1 in het NOT blokje is daarbij weggelaten.

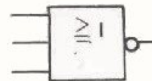
De NOR is een OR-functie gevolgd door een NOT-functie.



Voor de NOR-functie geldt de algebraïsche notatie

$$Q = \overline{A+B+C}$$

De uitgang is alléén "1" als alle ingangen "0" zijn.



Ook hier lijkt het of de symbolen van de OR en de NOT op elkaar gelegd zijn.

Zowel voor de NAND's als voor de NOR's geldt dat ze als bouwstenen kunnen dienen voor elke functie die in de digitale techniek voorkomt.

NAND's en NOR's worden meestal niet door elkaar gebruikt. Men gebruikt meestal óf uitsluitend NAND's, óf uitsluitend NOR's.

Zwevende ingangen van een NAND gedragen zich alsof ze verbonden zijn met

| 0/1 | .

Zwevende ingangen van een NOR gedragen zich alsof ze verbonden zijn met

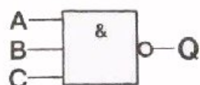
| 0/1 | .

Niet-gebruikte ingangen worden in schema's doorgaans zwevend getekend. In werkelijkheid worden meestal de niet-gebruikte ingangen van de NAND's met + verbonden en die van de NOR's met 0.

TEST UZELF

Geef van de volgende schakelingen de waarheidstabel, de benaming en de algebraische notatie van de functie die de schakeling vervult.

1.



A	B	C	Q

Deze schakeling heeft de

-functie.

De algebraische notatie van deze functie is:

2.



A	Q

-functie.

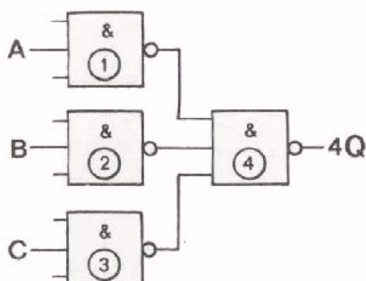
3.



A	B	C	1Q	2Q

-functie

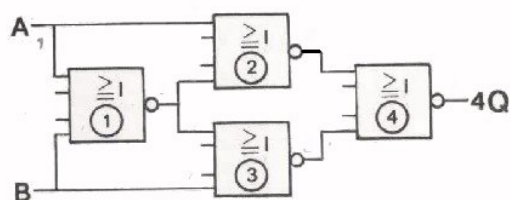
4.



A	B	C	4Q

-functie.

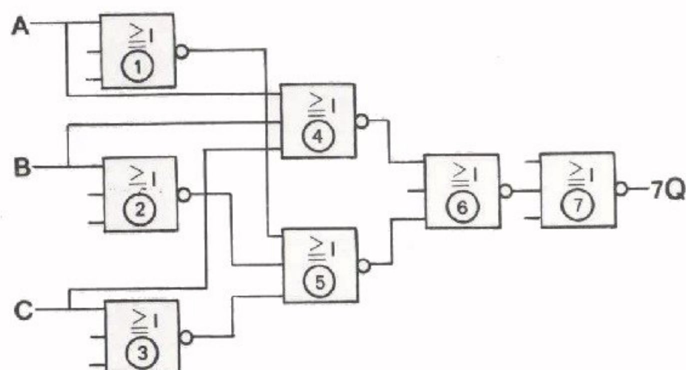
5.



A	B	4Q

Deze schakeling heeft de [ ] -functie.

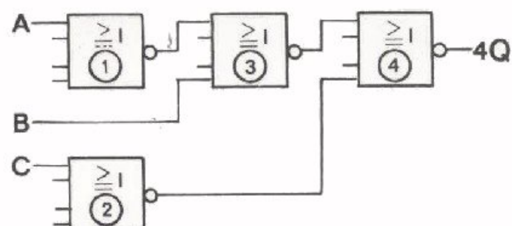
6.



A	B	C	4Q	5Q	6Q	7Q

Deze schakeling heeft de [ ] -functie.

7.



A	B	C	3Q	4Q

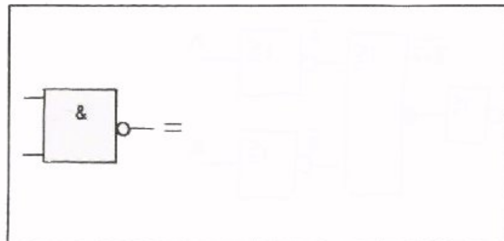
Geef de algebraische notatie van 1Q t/m 4Q.

1Q = [ ]   3Q = [ ]

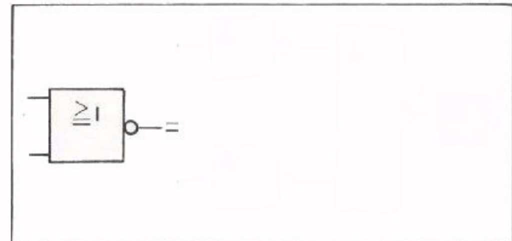
2Q = [ ]   4Q = [ ]

8. Volgens De Morgan is $\overline{A.B} = \overline{A}+\overline{B}$ en $\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$

Tracht door gebruik te maken van deze stellingen een vervangschakeling te tekenen voor de NAND en voor de NOR.



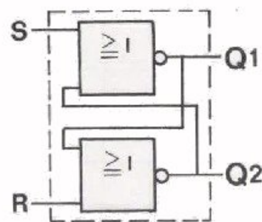
(met uitsluitend NOR's)



(met uitsluitend NAND's)

DE GEHEUGENFUNCTIE

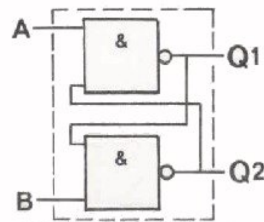
De *set reset* flip-flop is een veel gebruikte geheugenfunctie.



Setten met S = 1
Uitgang Q2 wordt 1

Resetten met R = 1
Uitgang Q2 wordt 0

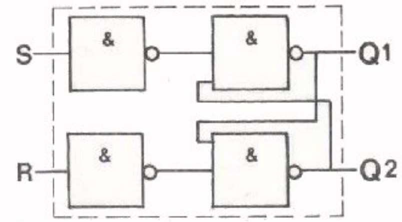
Onthouden bij S = 0
en R = 0



Setten met A = 0
Uitgang Q1 wordt 1

Resetten met B = 0
Uitgang Q1 wordt 0

Onthouden bij A = 1
en B = 1

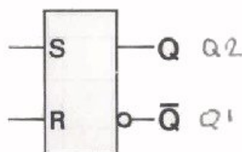


Setten met S = 1
Uitgang Q1 wordt 1

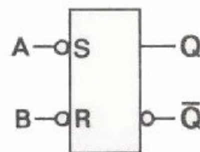
Resetten met R = 1
Uitgang Q1 wordt 0

Onthouden bij S = 0
en R = 0

Het schemasymbool voor de SR flip-flop gaat uit van de *set-toestand*
De uitgang die "1" wordt als we *setten* door S = 1 (bij R = 0) toe te voeren, noemen we de uitgang Q. De andere uitgang noemen we $\overline{Q}$.

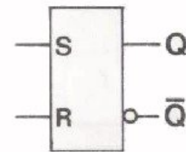


Q komt hier overeen met Q2 van de 2-NOR schakeling.



Q komt hier overeen met Q1 van de 2-NAND schakeling.

LET OP:
Als A = 0 is S = 1



Q komt hier overeen met Q1 van de 4-NAND schakeling.

Bij S = 1 én R = 1 worden de uitgangen Q1 en Q2 *beide* 0.

Bij A = 0 én B = 0 (dus S=1 én R=1) worden de uitgangen Q1 en Q2 *beide* 1.

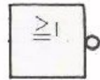
Bij S = 1 én R = 1 worden de uitgangen Q1 en Q2 *beide* 1.

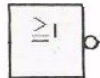
Het schema*symbool* geldt dus niet voor deze *bijzondere* toestand, die we de *vergeet*-toestand noemen, immers Q kan nooit gelijk zijn aan $\overline{Q}$.

Treedt na S = 1 én R = 1 de *onthoud*-toestand S = 0 én R = 0 op, dan zijn de uitgangen weer tegengesteld, maar is *niet* te voorspellen of Q = 1 en $\overline{Q}$ = 0 óf Q = 0 en $\overline{Q}$ = 1 wordt. We vermijden zoveel mogelijk de vergeet-toestand S = 1 én R = 1. Deze toestand kan echter wel eens ongewild optreden !

TEST UZELF

1. Maak van deze twee NOR's een SR flip-flop en vul de volgordetabel in.





S	R	Q1	Q2
1	0		
0	1		
0	0		
1	0		
1	1		
0	0		
1	0		
0	0		

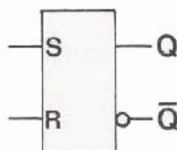
2. Maak van deze twee NAND's een flip-flop en vul de volgordetabel in.

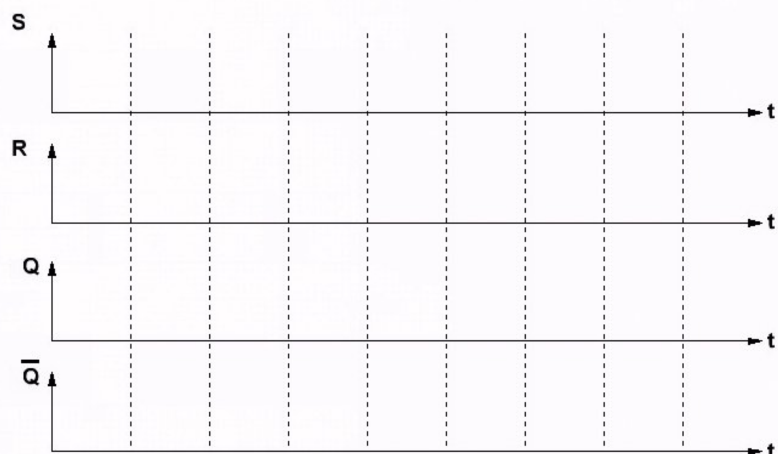




A	B	Q1	Q2
1	0		
0	1		
1	1		
1	0		
0	0		
1	1		
0	1		
1	0		
1	1		

3. Teken voor de SR flip-flop het tijd-volgorde diagram.
De SR flip-flop is samengesteld uit vier NAND's.





4. In volgend schema is een groot aantal NOR functies gebruikt.

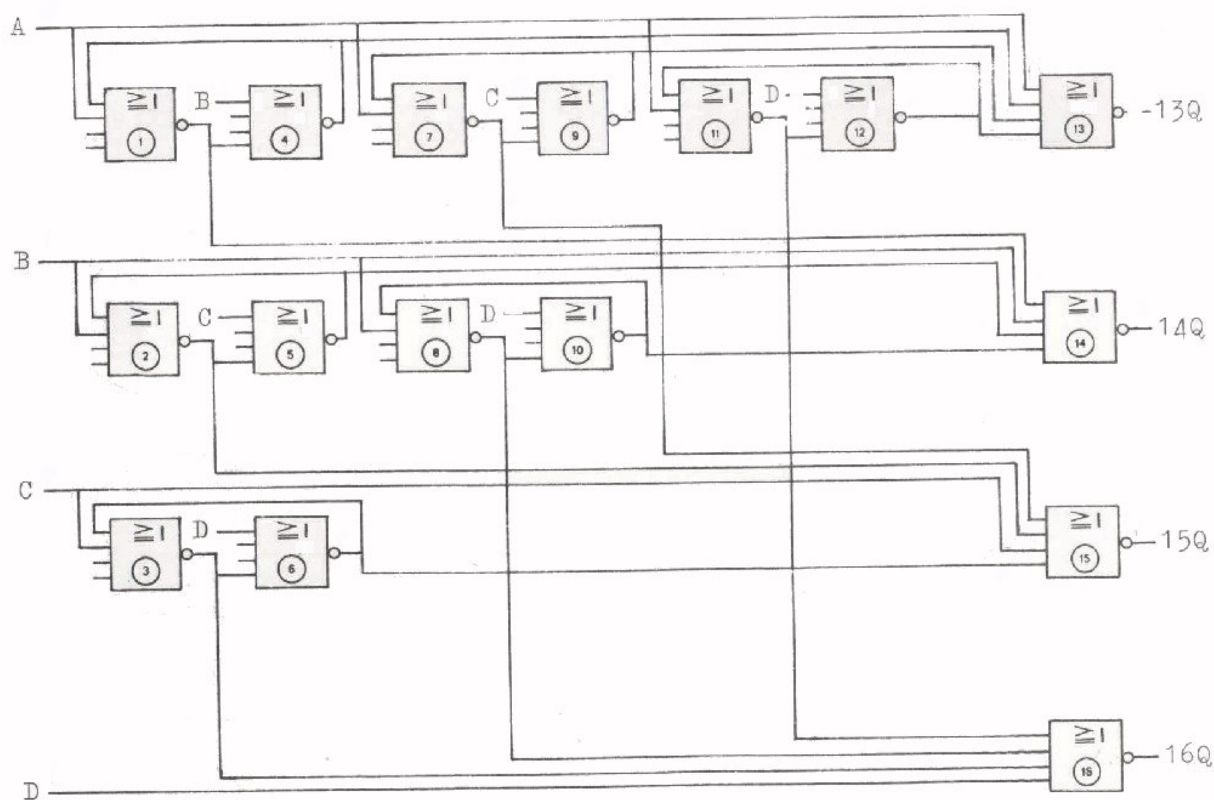
- Welke functie hebben de NOR's ① en ④ samen ?

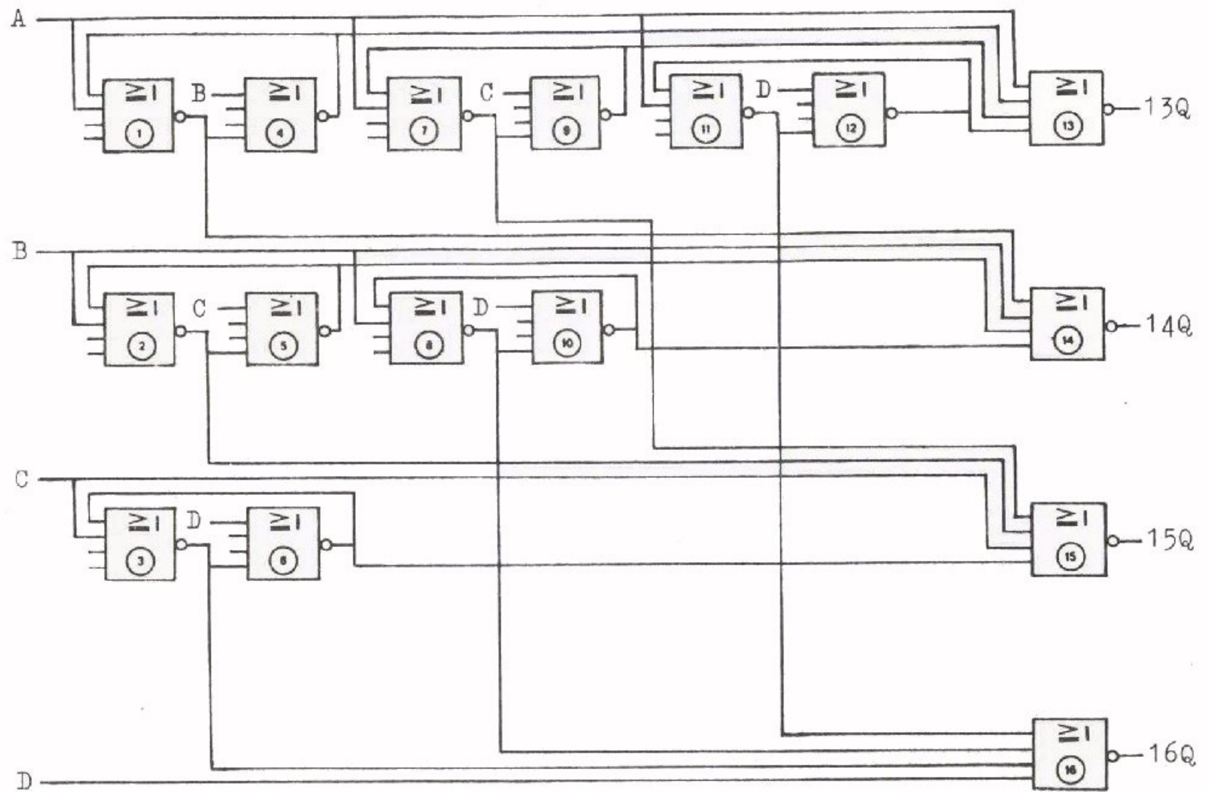
- Welke andere NOR's hebben samen dezelfde functie ?

  Antwoord:

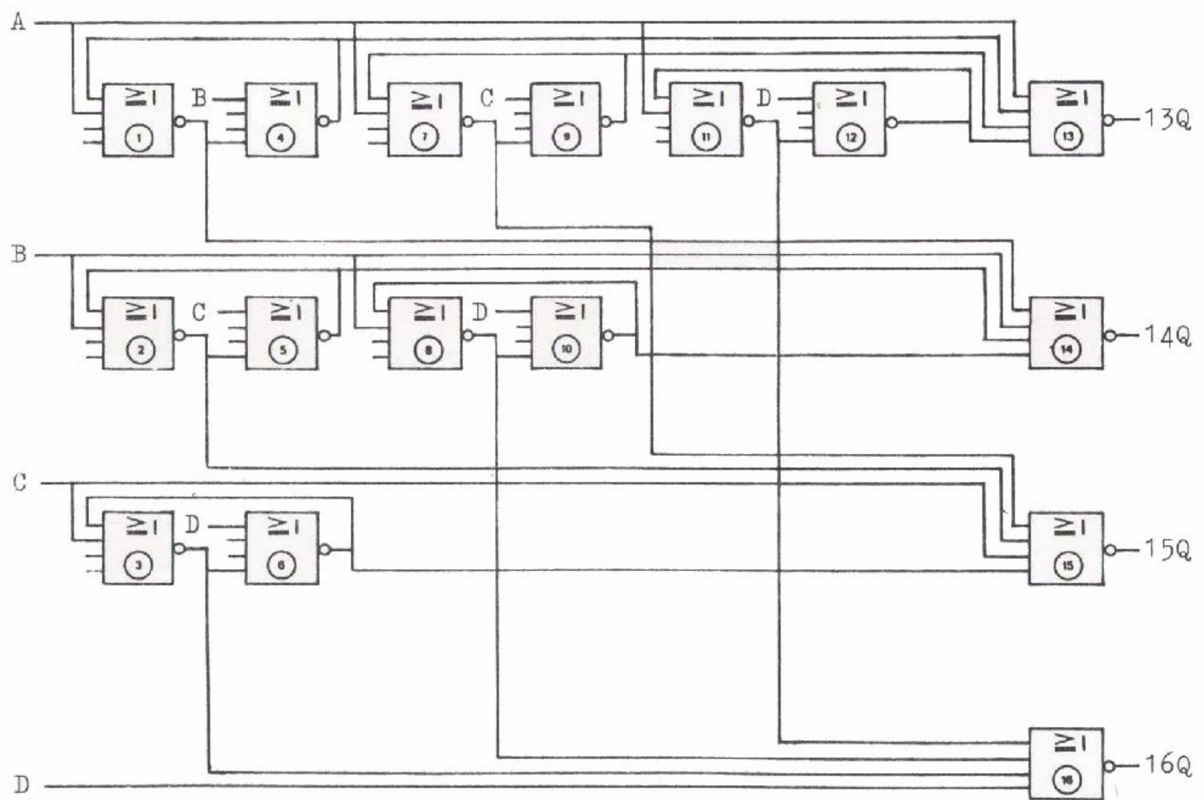
- Probeer de volgordetabel van de schakeling met "nullen" en "enen" te completeren. Let op: de signalen A, B, C en D worden aan meer dan één ingang tegelijk toegevoerd ! Om de verschillende op elkaar volgende toestanden na te gaan, is de schakeling op volgend blad herhaald, waar U ook "nullen" en "enen" kunt invullen.

A	B	C	D	13Q	14Q	15Q	16Q
1	1	1	1				
0	1	1	1				
0	1	0	1				
1	1	0	1				



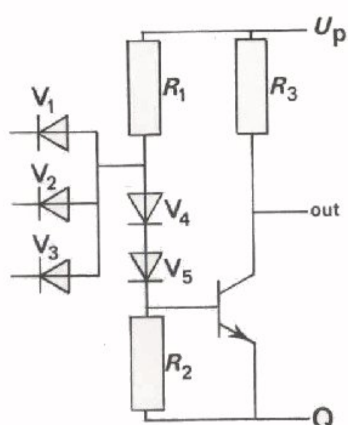


A
B
C
D
≥1
13Q
14Q
15Q
16Q

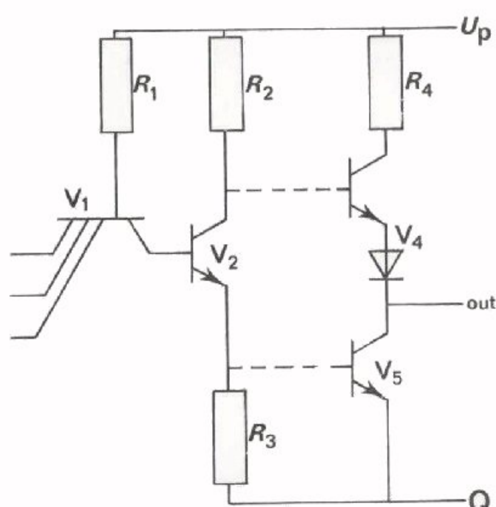


A
B
C
D
≥1
13Q
14Q
15Q
16Q

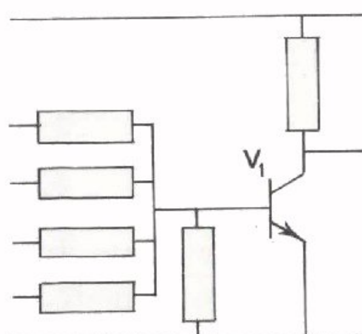
UITVOERINGSVORMEN VAN NAND- EN NOR-FUNCTIES



- Is een digitale schakeling uitgevoerd met dioden en transistors, dan spreken we van een DTL-uitvoering. Nevenstaande schakeling is een DTL-NAND.



- In IC's wordt de functie van de dioden overgenomen door een transistor en noemen we het een TTL-uitvoering. Deze schakeling is een TTL-NAND, met een speciale uitgangstrap om de NAND zwaarder te kunnen belasten (grote "fan-out").

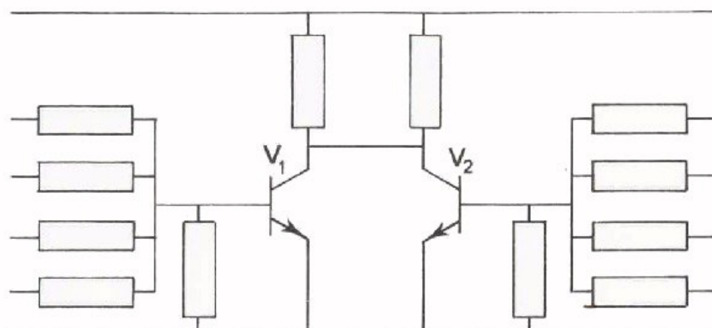


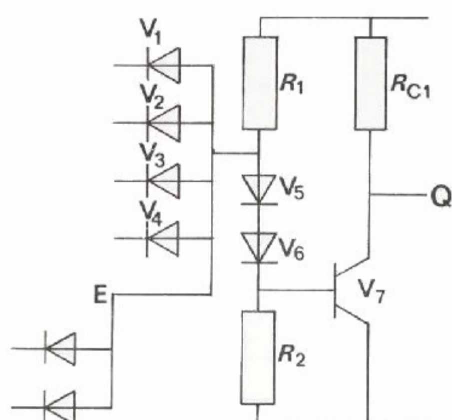
- Worden in plaats van dioden, weerstanden toegepast, dan noemen we dit een RTL-uitvoering. Dit is een RTL-NOR.

FAN-IN EN FAN-OUT

- Onder de FAN-IN van een poortschakeling verstaan we het *aantal* ingangen.
- Onder de FAN-OUT van een schakeling verstaan we het aantal ingangen waarmee één uitgang mag worden belast, uitgaande van dezelfde blokjes.

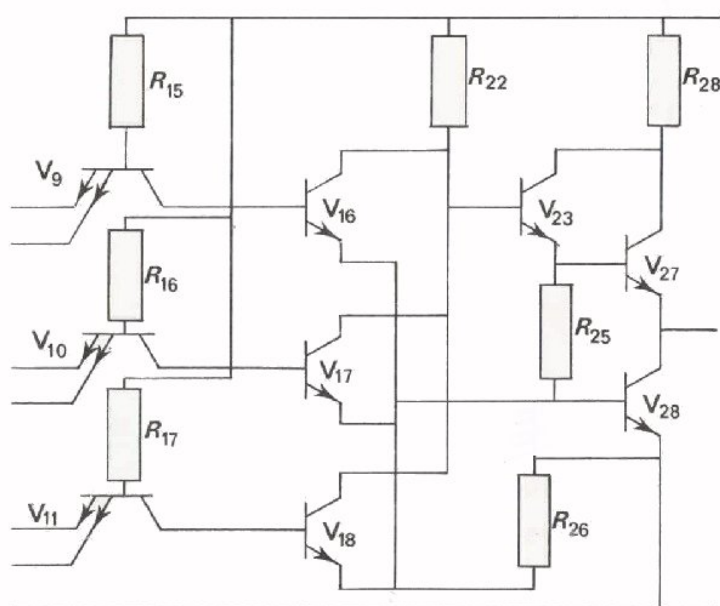
- Om de fan-in van een NOR-poort te vergroten, kan men de uitgangen van twee poorten met elkaar verbinden. De fan-in van deze RTL-NOR is verdubbeld, van 4 naar 8. De fan-out is dan ook verdubbeld.



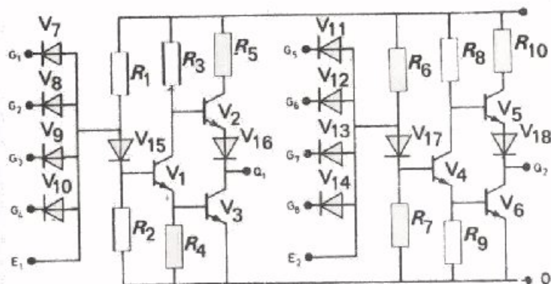


- De fan-in van een DTL-NAND kan vergroot worden door aan de E-ingang extra dioden aan te sluiten. De fan-in van nevenstaande DTL-NAND is vergroot van 4 naar 6.

COMBINATIES VAN POORTEN



- Nevenstaande IC-schakeling bevat:
  - drie AND-poorten, elk met een fan-in van 2.
  - één NOR-poort, met een fan-in van 3.
  - één uitgangstrap.



- Dit zijn twee [ ] -poorten.

  Elk met een fan-in van [ ]

  in [ ] -uitvoering.

  De fan-in kan vergroot worden door:

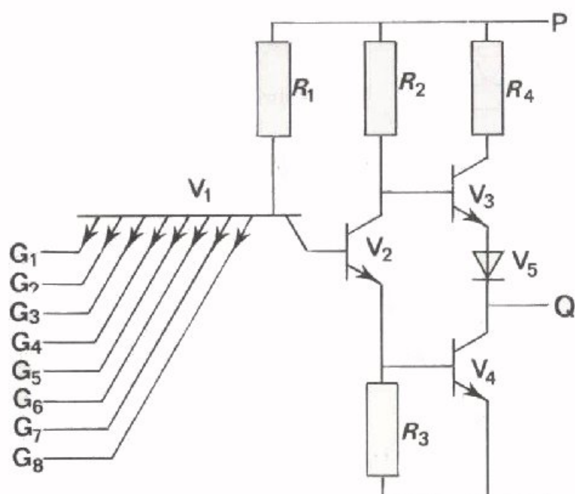
  [ ]

- Dit is een [ ] -poort, met een fan-in van [ ] in,

  [ ] -uitvoering.

  De uitgangstrap wordt gevormd door de componenten:

  [ ]



- Dit is een schakeling in ☐ - uitvoering.

  Teken van deze schakeling een blokschema, waarin uitsluitend AND-, OR- en NOT- symbolen voorkomen. De eindtrap hoeft niet getekend te worden.

